



“课课通”普通高校对口升学系列学习指导丛书



# 课课通

## 对口升学考试 专题复习与强化训练·

### 液压与气动(机电类)

© 储文彬 主编      © 尹月东 黄健 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

“课课通”普通高校对口升学系列学习指导丛书

**课课通**  
**对口升学考试专题复习**  
**与强化训练·液压与气动**  
**(机电类)**

储文彬 主 编

尹月东 黄 健 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是中等职业学校机电类专业普通高校对口单独招生考试复习用书, 是依据江苏省考试院 2009 年颁布的《江苏省普通高校对口单独招生机电类专业综合理论考试大纲》第三部分《液压与气动》的要求编写的, 是《液压与气动学习指导与巩固练习》的配套后续用书。

全书分为液压传动的基本概念、液压元件、液压基本回路及系统、气压传动四个模块, 每个模块下设若干专题。每个专题均按“考点分析”、“知识提要”、“复习指导”、“典题探析”、“课后巩固”五个环节编写。

本书是在对照《液压与气动学习指导与巩固练习》进行各知识点的快速复习之后的专题复习用书。本书可作为中等职业学校机电类专业对口升学考试复习用书, 也可作为学生平时学习及教师教学的参考用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

课课通对口升学考试专题复习与强化训练: 机电类. 液压与气动 / 储文彬主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.5  
(“课课通”普通高校对口升学系列学习指导丛书)

ISBN 978-7-121-23057-8

I. ①课… II. ①储… III. ①液压传动—中等专业学校—升学参考资料②气压传动—中等专业学校—升学参考资料 IV. ①G718.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 081974 号

策划编辑: 张 凌

责任编辑: 郝黎明

印 刷:

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 5.5 字数: 140.8 千字

印 次: 2014 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltts@phei.com.cn](mailto:zltts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前言

本书依据江苏省考试院 2009 年颁布的《江苏省普通高校对口单独招生机电类专业综合理论考试大纲》的要求编写。本书是在对照《液压与气动学习指导与巩固练习》进行各知识点的快速复习之后的专题复习用书。其编写思想是：对应考纲要求，将学科知识分解重组，形成相关专题，达到指点复习要领，固化知识体系，强化应用能力的目的。

本书的编写特色主要体现在以下两方面。

## 1. 符合教学实际，便于提升能力

本书的编者有着长期从事单招复习教学的经历和突出的单招教学业绩。本书是他们依据对口单招高考的考纲要求，在对历年高考试卷进行全面、系统分析的基础上，总结多年的教学经验，精心编写而成的。编者充分考虑了生源基础的变化和强化技能教学之后理论教学时间紧缩的情况，贯彻了有利于考生能力提升的原则，融合了过去第一轮、第二轮复习的要求，使本书的使用既便于教学安排，又便于考生在教师引导下自主复习，相信一定会对考生应试能力的提升产生明显效果。

## 2. 呈现形式独特，深广程度适宜

本书每个专题都以“考点分析”、“知识提要”、“复习指导”、“典例探析”、“课后巩固”五个环节呈现，包含对考纲要求在考题中呈现情况的评析；知识体系、知识要点的图表式归纳与总结；典型例题的深入分析与解题过程的全面展示，相关典型变化的罗列；模拟试题的课堂与课后练习；形成了完整的查漏补缺、复习巩固、提升能力的学习链条。例题、习题的选取，注重不同层次考生的需求，由浅入深，有易有难，覆盖基本，照顾拓展。

本书内容系统，体例新颖、实用。全书分为液压传动的基本概念、液压元件、液压基本回路及系统、气压传动四个模块，每个模块下设若干专题。每个专题均以考纲要求为引导，加深学生对知识点的理解，突出学生学习的主体性和教师的主导性，学生可根据教师的复习顺序自主选择学习模块。每个专题包括以下内容。

**考点分析：**列出考纲要求，对常考点和选考点做分析说明，便于学生把握复习重点和难点。

**知识提要：**将本专题知识点包含的主要学习内容以框图形式归纳和提炼，建立了知识点之间的联系，便于学生课前的预习和课后的复习。

**复习指导：**总结和归纳复习中容易出现知识难点、易混淆的知识点和易遗漏的知识点，帮助学生更全面、更细致地理解和掌握考点要求。

典例探析：以考纲确定的单元重点知识作为典型例题，通过思路分析，培养学生分析问题的能力，掌握解决问题的方法。

课后巩固：将本专题的基础性和综合性的知识转换成试题，可作为课后训练和单元测试使用。

本书由江苏省南京市六合中等专业学校储文彬主编，尹月东、黄健副主编。在此，对在本书的编写过程中参考的专业资料的原作者和指导、支持、帮助本书编写的同志一并表示衷心的感谢！

限于编者水平，加之时间较仓促，本书难免存在不妥与疏漏，恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月

# 目 录

模块一 液压传动的基本概念 .....	1
专题一 液压传动原理及其基本概念 .....	1
专题二 液压传动的流量和压力 .....	4
专题三 压力、流量损失及功率计算 .....	12
模块二 液压元件 .....	19
专题一 液压动力元件——液压泵 .....	19
专题二 液压执行元件——液压缸、液压马达 .....	26
专题三 液压控制元件——控制阀 .....	33
专题四 液压辅件 .....	40
模块三 液压基本回路及系统 .....	45
模块四 气压传动 .....	61
专题一 气压传动概述 .....	62
专题二 气动元件 .....	65
专题三 气动基本回路 .....	71
参考答案 .....	75

# 模块一

1

## 液压传动的基本概念

### 考点分析

常 考 点	选 考 点	对应的考纲要求	备 注
1. 液压传动的工作原理 2. 液压传动的组成及功用	液体的基本特性（黏性、可压缩性）	1. 了解液压传动的工作原理 2. 理解液压传动的组成及功用 3. 理解液体的基本特性（黏性、可压缩性）	综合题中考核较多
1. 流量和压力的计算 2. 静压传递原理 3. 流量连续性原理	流量和压力的基本概念	1. 掌握流量和压力的基本概念 2. 理解静压传递原理和流量连续性原理的基本概念	综合题中考核较多
液压传动系统中液体压力、流量、速度和功率、效率之间的关系，并能进行相应计算	液压传动的压力损失和流量损失	1. 了解液压传动的压力损失和流量损失的机理 2. 掌握液压传动系统中液体压力、流量、速度和功率、效率之间的关系，并能进行相应计算	综合题中考核较多

### 专题一 液压传动原理及其基本概念

#### 知识提要

##### 1. 液压传动原理及其工作特点

原理

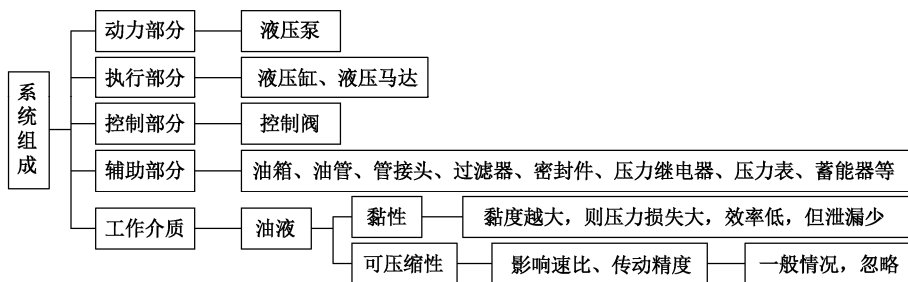
利用密封容积的变化来传递运动，依靠油液的压力来传递动力

特点

承载、功率大，传动平稳，过载保护，远距离操纵与控制，速度、功率无级调节，元件易“三化”，寿命长，速比不准确，效率低，安装、维护要求高



## 2. 液压传动系统的组成



### 复习指导

1. 液压传动系统的动力元件是指液压泵,其作用是将机械能转换成液压能,为液压系统提供压力油。执行元件是指液压缸和液压马达,将液压能转换为机械能,输出力和速度(或转矩和转速)。

2. 液压传动系统是一种能量转换系统,其将机械能转换为液压能,再将液压能转换为机械能。

3. 液压传动在能量转换的过程中,特别是在节流调速系统中,功率损失大,系统效率较低,主要原因在于系统工作时存在压力损失和流量损失。

4. 液压传动的传动比不准确,原因在于泄漏难以避免,并且油液具有一定的可压缩性。

5. 当液体受到压力作用时,分子间距离缩短,密度增加,体积缩小,这种性质称为液体的可压缩性。一般情况下,油液的可压缩性较小,可以忽略不计。但在高压或受压体积较大及研究液压传动的动特性时,必须考虑它的压缩性。

6. 油液流动时会产生内摩擦力的特性为黏性。只有在流动时,油液才有黏性,而静止液体则不显示黏性。

7. 油液的黏度还与系统压力和温度有关。压力增大,油液的黏度增大。但在一般的液压系统所使用的压力范围内,压力增大所引起的黏度变化量很小,可以忽略不计。温度对液压油黏度影响十分敏感,温度升高,黏度下降。



### 典题探析



#### 例 1-1-1

下列不是液压传动的特点是( )。

- A. 可实现无级调速,且速比准确
- B. 元件易实现标准化、系列化、通用化
- C. 能实现过载保护
- D. 元件相对运动表面间能自行润滑,磨损小

### 思路分析

液压传动中有各种调速回路,在调速时,由于存在泄漏及油液的可压缩性能,因此速比不准确。故答案 A 不是液压传动的特点。



「答」 A



## 课后巩固

### (一) 判断题

1. 液压马达是将液压能转换成直线运动的机械能的装置。 ( )
2. 液压传动系统是一种能量转换装置。 ( )
3. 液压泵和液压马达是系统中的执行元件。 ( )
4. 液压泵是液压系统的动力元件，其作用是为液压系统提供压力油。 ( )
5. 液压缸是液压传动系统中的执行元件，是将机械能转换为液压能的能量转换装置。 ( )
6. 液压泵是液压系统中的动力元件，液压缸属于液压系统中的一种执行元件。 ( )
7. 液压传动利用密封容积的变化来传递力或力矩，通过密封容积内油液的压力使执行机构获得相对位移和速度。 ( )
8. 液压元件实现了标准化、系列化、通用化。 ( )
9. 液压传动可在较大的范围内可实现无级调速，且速比准确。 ( )
10. 液压元件相对运动表面间能自行润滑，磨损小，使用寿命长。 ( )
11. 液压传动操纵控制简便，自动化程度高，但不能实现过载保护。 ( )
12. 液压传动具有承载能力大、换向容易、效率高等优点。 ( )
13. 液压传动中，泄漏难以避免，并且油液具有一定的可压缩性是造成传动比不准确的主要原因。 ( )
14. 液压传动对油温变化较敏感，不宜在很高或很低的温度下工作。 ( )
15. 油液中渗入空气时，会产生噪声，容易引起震动和爬行，影响运动的平稳性。 ( )
16. 温度升高，油液的黏度下降。 ( )
17. 油箱、油管、管接头、滤油器、压力继电器等属于液压系统的辅助元件。 ( )
18. 在一般的液压系统中，油液的可压缩性可以忽略不计。 ( )
19. 油液的黏度受压力和温度影响。压力增大、温度升高时，油液的黏度降低。 ( )
20. 油液黏性的大小可用黏度来衡量。黏度越高，油液在流动时产生内摩擦越大。 ( )
21. 流动的油液才显示黏性，而静止的油液不显示黏性。 ( )

### (二) 选择题

1. 液压马达是液压系统中的 ( )。  
A. 动力元件                      B. 执行元件                      C. 控制元件                      D. 辅助元件
2. 下列不是液压传动的特点的是 ( )。  
A. 可实现无级调速，且调速范围大  
B. 操纵控制简便，自动化程度高  
C. 不能实现过载保护  
D. 液压传动在能量转化的过程中效率较低



3. 下列关于液压马达的描述, 错误的是( )。
- A. 液压马达是液压系统的执行元件      B. 液压马达输出的是旋转运动
- C. 将液压能转变为机械能      D. 液压马达输出的是直线移动或摆动
4. 液压泵属于液压系统的( )元件。
- A. 动力元件      B. 执行元件      C. 控制元件      D. 辅助元件

### (三) 填空题

1. 液压传动是利用密封容积内受压液体的\_\_\_\_\_来传递运动, 利用\_\_\_\_\_来传递动力。
2. 液压传动系统由\_\_\_\_\_元件、\_\_\_\_\_元件、\_\_\_\_\_元件、\_\_\_\_\_元件和工作介质组成。
3. 液压传动系统的动力元件是指\_\_\_\_\_, 其可将\_\_\_\_\_能转换成\_\_\_\_\_能。
4. 液压传动系统的执行元件是指\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_, 其可将\_\_\_\_\_能转换为\_\_\_\_\_能。
5. 液压传动系统的控制元件是指各种\_\_\_\_\_, 包括\_\_\_\_\_控制阀、\_\_\_\_\_控制阀和\_\_\_\_\_控制阀。
6. 液压传动系统的工作介质通常为\_\_\_\_\_。
7. 油液的可压缩性会使液压执行件的运动精度\_\_\_\_\_。
8. 黏性是指油液流动时产生\_\_\_\_\_的特性, 只有在\_\_\_\_\_时, 油液才有黏性。黏性会使液压传动产生\_\_\_\_\_损耗, 使系统\_\_\_\_\_降低。
9. 黏性的表达参数是\_\_\_\_\_。压力增大, 油液的黏度\_\_\_\_\_。温度升高, 黏度\_\_\_\_\_。
10. 液压传动可实现\_\_\_\_\_调速, 承载能力\_\_\_\_\_, 传动比\_\_\_\_\_, 油液中渗入空气时, 会产生\_\_\_\_\_, 在能量转换的过程中, \_\_\_\_\_损失大, 系统效率较\_\_\_\_\_。

## 专题二 液压传动的流量和压力



### 知识提要

#### 1. 流量

##### (1) 流量的定义。

定义:  $q=V/t$

单位:  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $\text{l}/\text{min}$

##### (2) 流量与速度的关系。

平均流速:  $v=q/A_{\text{截面}}$

活塞速度=缸内油液的平均流速

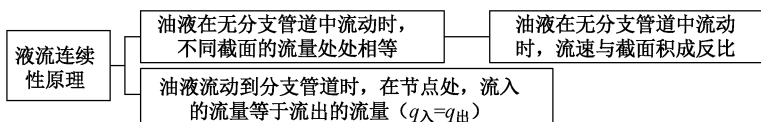
$v=q/A_{\text{有效}}$

$q$ 一定时, 活塞速度与缸的有效面积成反比

缸的有效面积一定时, 活塞速度与 $q$ 成正比

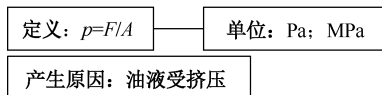


### (3) 液流连续性原理。

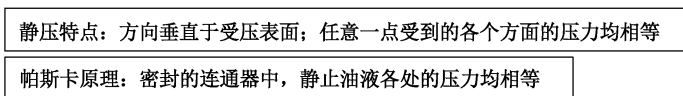


## 2. 压力

### (1) 压力的定义及产生原因。



### (2) 静止油液的压力特点及帕斯卡原理。



### (3) 液压系统中压力的建立过程。

压力建立过程: 从无到有、从小到大; 压力大小取决于负载; 某点存在并联负载时, 压力值取决于负载压力值中最小值



## 复习指导

1. 由于油液与管壁及油液内部之间的摩擦力不同, 因此油液流动时, 在管路和液压缸的横截面上各点的速度不相等 (图 1-2-1)。

2. 活塞 (或液压缸) 的运动速度等于液压缸内油液的平均流速, 因此计算活塞的运动速度时, 可通过液压缸两腔的流速计算。即:

$$v = \frac{q_{v\lambda}}{A_{\lambda}} = \frac{q_{v\text{出}}}{A_{\text{出}}}$$

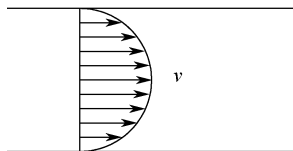


图 1-2-1

3. 根据液压缸运动速度的计算式可知, 单活塞杆液压缸无杆腔的流量与有杆腔的流量不相等 (无杆腔的流量大于有杆腔的流量)。

4. 设活塞直径为  $D$ , 活塞杆直径为  $d$ , 则单活塞杆液压缸无杆腔有效作用面积为  $A_1 = \frac{1}{4}\pi D^2$ , 有杆腔有效作用面积为  $A_2 = \frac{1}{4}\pi(D^2 - d^2)$ 。

5. 根据液流连续性原理可知, 液压千斤顶中, 大、小活塞的速度之比或位移量之比均等于大、小活塞面积的反比。即:

$$A_{\text{大}}v_{\text{大}} = A_{\text{小}}v_{\text{小}} \quad A_{\text{大}}L_{\text{大}} = A_{\text{小}}L_{\text{小}}$$

6. 根据液流连续性原理可知, 油液在无分支的管路中流动时, 每一截面的平均流速与该截面的面积成反比, 即管径细的地方, 流速大; 管径粗的地方, 流速小。

7. 压力的概念与物理学上压强的相同, 是同义词, 但在液压与气动中一般称为压力。液压传动中的压力是不考虑大气压力的, 故又称为相对压力或表压力。



8. 要注意额定压力与实际压力的区别。实际压力的大小与负载有关, 额定压力与元件自身结构、尺寸有关。

9. 液压缸的压力或负载计算方法通常是列力平衡式求得。力平衡式的一般表达式为:

$$p_{\text{入}} A_{\text{入}} = p_{\text{背}} A_{\text{背}} + F$$

10. 根据帕斯卡原理, 液压千斤顶中,  $F_{\text{大}}/A_{\text{大}} = F_{\text{小}}/A_{\text{小}}$ 。大、小活塞的面积比值为大活塞上的力与小活塞上力的倍数。

11. 液压传动系统中, 流动油液在某处的压力也是受各种形式负载而产生的。除静压力外, 流动油液还存在动压力, 其值较小, 一般可忽略不计。



### 典题探析



#### 例 1-2-1

如图 1-2-2 所示的液压千斤顶简图中, 小活塞面积  $A_1 = 1 \times 10^{-4} \text{m}^2$ , 大活塞面积  $A_2 = 10 \times 10^{-4} \text{m}^2$ , 油管截面积  $A_3 = 1 \times 10^{-5} \text{m}^2$ 。

- (1) 若小活塞下压速度  $v_1 = 0.2 \text{m/s}$ , 试求大活塞的上升速度  $v_2$  和油管内油液的平均流速  $v_3$ 。
- (2) 若小活塞下移 10mm, 则大活塞上升多少?
- (3) 若小活塞行程为 50mm, 要求大活塞上升 100mm, 则小活塞需上下动作多少次?
- (4) 若小活塞上的作用力  $F_1 = 5.0 \times 10^2 \text{N}$ , 试问密封容积内的压力为多少? 大活塞能顶起的重物重量  $W$  为多少?

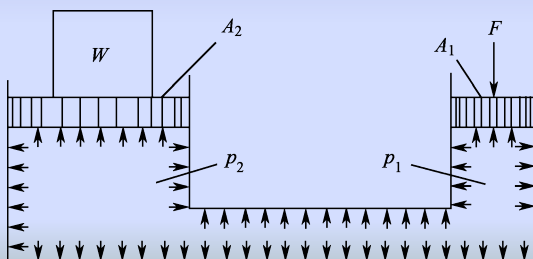


图 1-2-2



### 思路分析

在解题中要熟练运用液流连续性原理和帕斯卡原理。根据液流连续性原理, 大、小活塞处和油管处的流量相等。根据帕斯卡原理, 大、小活塞处的压力相等。

**解** (1) 根据液流连续性原理

$$v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2 = v_3 \times A_3$$

故,  $v_2 = 0.02 \text{m/s}$ ,  $v_3 = 2 \text{m/s}$

(2) 根据液流连续性原理

$$A_1 L_1 = A_2 L_2$$





故,大活塞上升距离  $L_2=1\text{mm}$ 。

(3) 根据  $A_1L_1 = A_2L_2$  可知,小活塞工作一个行程  $50\text{mm}$  时,大活塞的移动距离为  $5\text{mm}$ 。故要求大活塞上升  $100\text{mm}$ ,小活塞需上下动作  $20$  次。

(4) 密封容积内的压力:  $p = F_1/A_1 = 5.0 \times 10^2 \text{N} / 1 \times 10^{-4} \text{m}^2 = 5 \text{MPa}$ 。

根据帕斯卡原理,  $F_1/A_1 = F_2/A_2$ 。故大活塞能顶起重物重量  $W$  为  $5\text{kN}$ 。



## 课后巩固

### (一) 判断题

1. 作用于活塞上的推力越大,活塞运动速度越快。 ( )
2. 液压系统中,当某处有两个负载并联时,压力的大小取决于两压力之和。 ( )
3. 液压系统的内部压力取决于泵所输出的额定压力,与外负载无关。 ( )
4. 液压系统中,若某处有几个负载并联,则压力的大小取决于克服负载中的最小值。 ( )
5. 活塞(或液压缸)的运动速度就等于液压缸内油液的平均流速。 ( )
6. 管径细的地方,流速大,管径粗的地方,流速小。 ( )
7. 在液压传动中,油液的压力是由于油液的自重和油液受外力(负载)的挤压所产生的,并随着负载的变化而变化。 ( )
8. 液压千斤顶中,小活塞的速度小于大活塞的速度。 ( )
9. 油液在同一管路中流动时,每一截面的流速与该截面的面积成正比。 ( )
10. 在密封容器内的静止液体中,其内部各点的压力处处相等。 ( )
11. 在管路和液压缸的横截面上,各点的速度不相等。 ( )
12. 在液压千斤顶中,大、小活塞的速度之比和位移量之比均等于大、小活塞面积之比。 ( )
13. 在液压系统中,除静压力外,流动油液还存在动压力,但一般液压系统中,动压力很小,可忽略不计。 ( )
14. 系统某处有几个负载并联时,压力的大小取决于克服负载压力值中的最小值。 ( )

### (二) 选择题

1. 水压机的大小活塞直径之比为  $100:1$ ,小活塞的工作行程为  $200\text{mm}$ ,如果大活塞要上升  $2\text{mm}$ ,则小活塞要工作 ( ) 次。  
A. 1                      B. 0.5                      C. 10                      D. 100
2. 液压系统的压力大小取决于 ( )。  
A. 负载                      B. 流量                      C. 流速                      D. 功率
3. 当液压缸的有效面积一定时,活塞的速度取决于 ( )。  
A. 流入液压缸的流量                      B. 液压泵的流量  
C. 液压泵的压力                      D. 液压缸的压力



4. 以下关于液压千斤顶的描述, 正确的是( )。
- A. 在小活塞上施以较小的力, 可以推动大活塞上较大的重物  
B. 在大活塞上施以较小的力, 可以推动小活塞上较大的重物  
C. 小活塞的速度小于大活塞的速度  
D. 液压千斤顶内各处的压力不相等
5. 系统某处有几个负载并联时, 压力的大小取决于( )。
- A. 克服负载中的最小值  
B. 克服负载中的最大值  
C. 克服负载压力值中的最小值  
D. 克服负载压力值中的最大值
6. 不考虑油液自重, 下列关于油液压力的描述, 错误的是( )。
- A. 静止油液中任意一点所受到的各个方向的压力都相等  
B. 油液的静压力方向总是垂直指向承压表面  
C. 压力的大小来自负载的挤压  
D. 在密闭容器内的静止油液, 各点压力都不相等

### (三) 填空题

1.  $1\text{m}^3/\text{s} = \underline{\hspace{2cm}} \text{L}/\text{min}$ 。
2. 油液流动时, 在管路和液压缸的横截面上各点的速度            (相等、不相等)。
3. 活塞(或液压缸)的运动速度等于液压缸内                                 。活塞的速度与                                  和                                  有关, 而与压力                                  关。当液压缸有效作用面积一定时, 活塞的速度仅与                                  有关。
4. 液流连续性原理是指理想液体在            管路中流动时, 通过每一截面的            相等。
5. 液体在无分支管路中流动时, 每一截面的平均流速与该截面的面积成            比, 即管径细的地方, 流速           ; 管径粗的地方, 流速           。
6. 液压千斤顶中, 大、小活塞的速度之比或位移量之比均等于大、小活塞面积的            比。即大活塞的速度            (大于、等于、小于) 小活塞的速度。
7. 压力产生的原因是油液受到                                 , 其单位是           。
8. 静止油液中任意一点所受到的各个方向的压力都           , 油液的静压力方向总是           。
9. 在密闭容器内, 施加于液体上的某点压力将以            传递到液体各点, 这称为帕斯卡原理, 即在密闭容器内, 各点压力           。
10. 液压千斤顶中, 设大活塞面积为  $A_{\text{大}}$ , 小活塞面积为  $A_{\text{小}}$ , 大活塞上的重力是小活塞上的作用力的            倍。
11. 液压传动系统中, 流动油液在某处的压力是受各种形式负载            而产生的。
12. 液压传动系统中, 压力的大小取决于           , 并随            的变化而变化。
13. 压力的建立过程是           。
14. 当液压系统某处有几个负载并联时, 系统压力的大小取决于           。

### (四) 计算题

1. 在如图 1-2-3 所示的管路中, 三处的面积之比为  $A_1 : A_2 : A_3 = 1 : 2 : 3$ , 则在这三处的

流量之比为  $q_1:q_2:q_3=$  \_\_\_\_\_，流速之比  $v_1:v_2:v_3=$  \_\_\_\_\_。  
若三处的直径之比为  $d_1:d_2:d_3=1:2:3$ ，则在这三处的流量之比为  $q_1:q_2:q_3=$  \_\_\_\_\_，流速之比  $v_1:v_2:v_3=$  \_\_\_\_\_。

2. 如图 1-2-4 所示的液压缸，输入流量为 10L/min，输入压力为 2MPa，有杆腔压力（背压）为 0.5MPa，活塞直径  $D=100\text{mm}$ ，活塞杆直径  $d=50\text{mm}$ ，求活塞移动的速度  $v$ 、有杆腔排出的流量及负载  $F$ 。

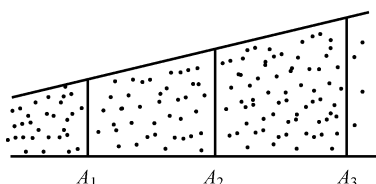


图 1-2-3

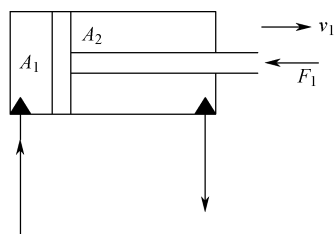


图 1-2-4

3. 图 1-2-5 所示为液压千斤顶的工作原理图，小活塞 3 的面积为  $1.0 \times 10^{-4}\text{m}^2$ ，大活塞 11 的面积为  $1.0 \times 10^{-2}\text{m}^2$ ，小活塞的行程为 100mm，试分析：

(1) 当小活塞向下移动一个行程时，大活塞向上移动的距离为 \_\_\_\_\_mm。若要求大活塞向上移动 100mm，则小活塞应上下往复运动 \_\_\_\_\_次。

(2) 小活塞往下移动时，若施加在杠杆上的力  $F=50\text{N}$ ，则液压千斤顶内油液的压力为 \_\_\_\_\_MPa，大活塞能够顶起的重物重量为 \_\_\_\_\_kN。

(3) 若小活塞往下移动的速度为 10m/min，则大活塞向上移动的速度为 \_\_\_\_\_m/min。

4. 图 1-2-6 所示为节流调速回路，定量液压泵的输出流量为  $q_{\text{泵}}=4.2 \times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$ ，液压缸无杆腔的有效作用面积  $A_1$  为  $0.008\text{m}^2$ ，有杆腔的有效作用面积  $A_2$  为  $0.005\text{m}^2$ ，活塞的运动速度  $v=0.02\text{m/s}$ ，求通过节流阀的流量  $q_{\text{节}}$ 、通过溢流阀的流量  $q_{\text{溢}}$  和液压缸有杆腔排出的流量  $q_{\text{排}}$ 。

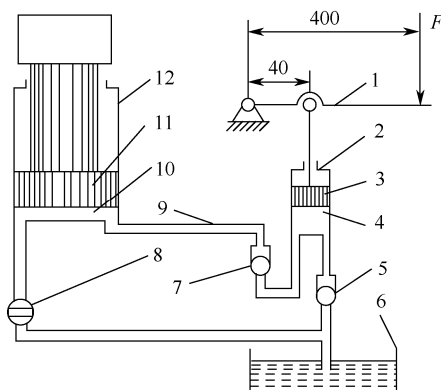


图 1-2-5

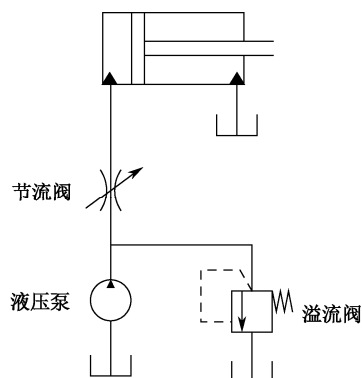


图 1-2-6

5. 如图 1-2-7 所示的液压系统，输入流量为  $q_1 = 4.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ，输入压力为  $p_1 = 5 \text{ MPa}$ ，两液压缸无杆腔的有效作用面积均为  $0.01 \text{ m}^2$ ，有杆腔的有效作用面积均为  $0.005 \text{ m}^2$ 。

- (1) 求活塞的运动速度  $v_1$ 、 $v_2$ 。
- (2) 若  $F_1 = F_2$ ，求负载  $F_1$ 、 $F_2$ 。
- (3) 若  $F_1 = 10 \text{ kN}$ ，求  $F_2$ 。

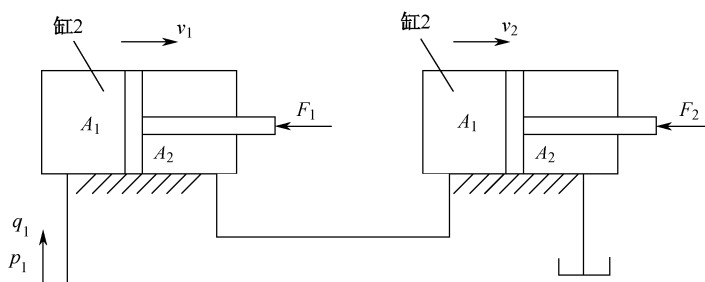


图 1-2-7



6. 如图 1-2-8 所示的液压缸，输入流量为  $q_v = 4.2 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ ，输入压力为  $p = 2.0 \text{MPa}$ ，液压缸无杆腔的有效作用面积  $A_1$  为  $0.008 \text{m}^2$ ，有杆腔的有效作用面积  $A_2$  为  $0.005 \text{m}^2$ ，求活塞的运动速度  $v$ 、无杆腔流量  $q_{v1}$ 、有杆腔流量  $q_{v2}$  和负载  $F$ 。

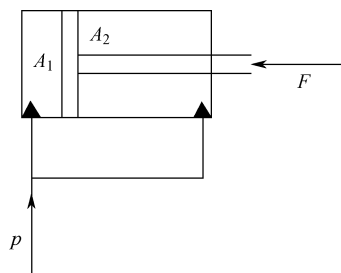


图 1-2-8

7. 如图 1-2-9 所示，泵的输油量为  $q_{\text{泵}} = 5 \text{L/min}$ ，溢流阀的开启压力为  $p = 6.0 \text{MPa}$ ， $A_1 = 0.01 \text{m}^2$ ， $A_2 = 0.008 \text{m}^2$ ， $F_1 = F_2 = F_3 = 10 \text{kN}$ 。试分析：

- (1) 各缸动作时，压力分别为多少？
- (2) 各缸的动作顺序是什么？速度分别为多少？
- (3) 溢流阀何时开启？若溢流阀的开启压力调为  $1.5 \text{MPa}$ ，系统会出现什么情况？

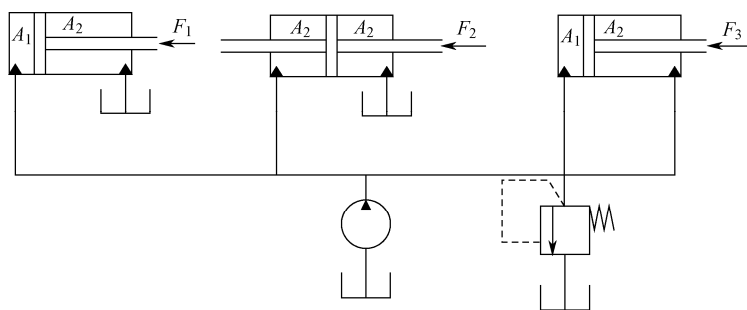


图 1-2-9

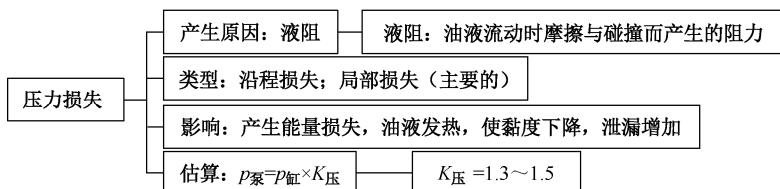


## 专题三 压力、流量损失及功率计算

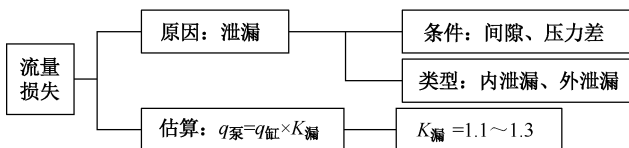


### 知识提要

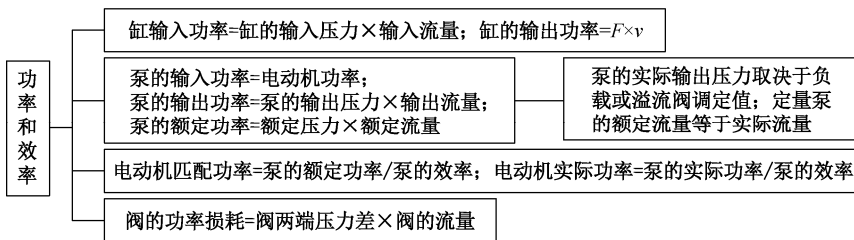
#### 1. 压力损失



#### 2. 流量损失



#### 3. 功率计算



### 复习指导

1. 油液在截面积相同的直管路中流动产生的压力损失称为沿程损失。油液流过管路弯曲部位、管路截面积突变部位及各种控制阀等地方所产生的压力损失称为局部损失。液压传动系统中，局部损失是主要的压力损失。

2. 一般情况，只要油液黏度适当，管路内壁光滑，尽量缩短管路长度和减少管路的截面变化及弯曲，是可以使压力损失控制在很小的范围内。

3. 对于某一液压元件（如节流阀）而言，其进、出口的压力差就是油液流经该元件的压力损失。液压元件的液阻、液压元件两端的压力差和通过液压元件的流量之间存在一定的联系。

当液压元件的两端压差一定时，液阻越小，则通过元件的流量越大。

液压元件的液阻一定时，元件的两端压差越大，则通过元件的流量越大。

因此，液压系统中，常利用改变液阻的方法来调节流量和控制压力。

4. 压力损失和流量损失的估算式，反映了液压泵至液压缸之间的压力损失和流量损失。即：

$$\Delta p = p_{\text{泵}} - p_{\text{缸}} = (K_{\text{压}} - 1) p_{\text{缸}}$$

$$\Delta q = q_{\text{泵}} - q_{\text{缸}} = (K_{\text{漏}} - 1) q_{\text{缸}}$$

5. 在液压传动中，功率即为压力与流量的乘积（与电工学类似）。

6. 液压缸是液压系统的执行元件，对外输出速度和力，其输出功率等于负载与活塞运动速度的乘积，输入功率等于输入压力与输入流量的乘积。若考虑功率损耗（如背压、泄漏等引起的功率损耗），则其输入功率与输出功率并不相等。

7. 液压泵的实际功率与额定功率是两种不同的功率。实际功率取决于液压泵的实际输出压力与实际输出流量，额定功率取决于额定压力和额定流量。对于定量液压泵，其实际输出流量等于额定流量。液压泵的实际输出压力取决于负载，额定压力即为铭牌压力，取决于液压泵的自身结构、尺寸。



### 典题探析



#### 例 1-3-1

如图 1-3-1 所示液压传动，活塞面积为  $0.01\text{m}^2$ ，克服的负载为  $F=10\text{kN}$ ，活塞速度为  $v=0.01\text{m/s}$ ， $K_{\text{压}}=1.3$ ， $K_{\text{漏}}=1.1$ 。求液压泵的输出压力  $p_{\text{泵}}$ ，液压泵至液压缸之间的压力损失  $\Delta p$ ，液压泵的输出流量  $q_{\text{泵}}$ ，液压泵至液压缸之间的流量损失  $\Delta q$ 。

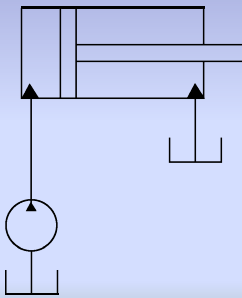


图 1-3-1



### 思路分析

利用压力损失和流量损失的估算式计算，需注意的是：压力损失和流量损失的估算式反映了液压泵至液压缸之间的压力损失和流量损失。

**解**  $p_{\text{泵}} = p_{\text{缸}} \times K_{\text{压}} = \frac{F}{A} \times K_{\text{压}} = \frac{10000}{0.01} \times 1.3 = 1.3\text{MPa}$

$$q_{\text{泵}} = q_{\text{缸}} \times K_{\text{漏}} = vA \times K_{\text{漏}} = 0.01 \times 0.01 \times 1.1 = 1.1 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p = p_{\text{泵}} - p_{\text{缸}} = (K_{\text{压}} - 1) p_{\text{缸}} = (1.3 - 1) \times 1 \times 10^6 = 0.3\text{MPa}$$

$$\Delta q = q_{\text{泵}} - q_{\text{缸}} = (K_{\text{漏}} - 1) q_{\text{缸}} = (1.1 - 1) \times 1 \times 10^{-4} = 1 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$$

**例 1-3-2**

如图 1-3-2 所示液压系统,采用定量泵供油,泵的额定流量  $q_{V\text{泵额}}=20\text{L/min}$ ,额定压力  $p_{\text{泵额}}=2.5\text{MPa}$ ,活塞面积  $A=0.01\text{m}^2$ ,溢流阀的流量  $q_{V\text{溢}}=14\text{L/min}$ ,节流阀两端压力差为  $\Delta p=0.5\text{MPa}$ ,液压缸克服的负载  $F=10\text{kN}$ ,其他各种损失不计。

- (1) 求缸的输入功率、输出功率。
- (2) 求泵的实际输出功率、额定功率。
- (3) 如果液压泵的总效率为 0.8,则驱动液压泵的电动机的匹配功率为多少?

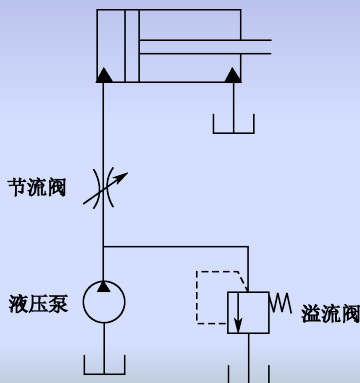


图 1-3-2

**思路分析**

液压缸的输入功率=缸的输入压力×输入流量;缸的输出功率  $=F \times v$ ;

泵的输出功率=泵的输出压力×输出流量;泵的额定功率=额定压力×额定流量;

定量泵的额定流量等于实际流量。

电动机匹配功率=泵的额定功率/泵的效率。

**解**

液压缸的输入压力  $p_{\text{缸}}=F/A=10000/0.01=1\text{MPa}$

液压泵的实际压力  $p_{\text{泵实}}=p_{\text{缸}}+\Delta p=1.5\text{MPa}$

液压缸的输入流量  $q_{V\text{缸}}=q_{V\text{泵}}-q_{V\text{溢}}=20-14=6\text{L/min}=1 \times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$

液压缸的运动速度  $v=q_{V\text{缸}}/A=1 \times 10^{-4}/0.01=0.01\text{m/s}$

液压缸的输入功率  $P_{\text{缸入}}=p_{\text{缸}} \times q_{V\text{缸}}=100\text{W}$

液压缸的输出功率  $P_{\text{缸出}}=F \times v=10000 \times 0.01=100\text{W}$

液压泵的实际输出功率  $P_{\text{泵实}}=p_{\text{泵实}} \times q_{V\text{泵}}=1.5 \times 10^6 \times 20 \times 10^{-3}/60=500\text{W}$

液压泵的额定功率  $P_{\text{泵额}}=p_{\text{泵额}} \times q_{V\text{泵额}}=2.5 \times 10^6 \times 20 \times 10^{-3}/60=833.3\text{W}$

电动机的匹配功率  $P_{\text{电匹}}=P_{\text{泵额}}/\eta=833.3/0.8=1041.7\text{W}$

**课后巩固****(一) 判断题**

1. 液体沿相同截面的直管道流动一段距离时产生的压力损失称为沿程损失。 ( )

- ## (二) 选择题

- ### (三) 填空题

- 15



#### (四) 计算题

1. 如图 1-3-3 所示液压传动, 活塞面积为  $0.05\text{m}^2$ , 活塞速度为  $v=0.02\text{m/s}$ , 克服的负载为  $F=10\text{kN}$ ,  $K_{\text{压}}=1.3$ ,  $K_{\text{漏}}=1.1$ 。求:

(1) 液压泵的输出压力  $p_{\text{泵}}$ , 液压泵至液压缸之间的压力损失  $\Delta p$

(2) 液压泵的输出流量  $q_{\text{泵}}$ , 液压泵至液压缸之间的流量损失  $\Delta q$

(3) 若选用定量液压泵的额定压力为  $2.5\text{MPa}$ , 额定流量为  $4.2\times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$ 。试问: 此液压泵是否适用? 若液压泵的总效率为  $0.8$ , 则驱动液压泵的电机的匹配功率为多少?

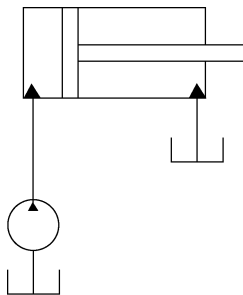


图 1-3-3

2. 在如图 1-3-4 所示的回路中, 定量液压泵的额定压力为  $2.5\text{MPa}$ , 额定流量为  $10\text{L/min}$ , 液压缸无杆腔的有效作用面积为  $100\text{cm}^2$ , 有杆腔的有效作用面积为  $50\text{cm}^2$ , 液压缸的运动速度为  $0.8\text{m/min}$ , 溢流阀的调定压力为  $2\text{MPa}$ , 节流阀两端的压力差为  $1\text{MPa}$ , 管路中其他损失不计。试求节流阀的流量  $q_{\text{节}}$ 、溢流阀的流量  $q_{\text{溢}}$ 、液压缸上的负载  $F$ 、液压缸的输入功率  $P_{\text{缸入}}$ 、液压缸的输出功率  $P_{\text{缸出}}$ 、液压泵的额定功率  $P_{\text{额}}$ 、液压泵的实际功率  $P_{\text{实}}$ 、溢流阀上的功率损耗  $P_{\text{溢}}$ 、节流阀上的功率损耗  $P_{\text{节}}$ 、回路的效率  $\eta$ 。

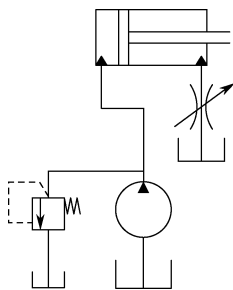


图 1-3-4

3. 如图 1-3-5 所示液压系统, 两液压缸规格相同, 活塞面积均为  $0.02\text{m}^2$ , 活塞杆面积均为  $0.012\text{m}^2$ , 负载  $F_1=12\text{kN}$ ,  $F_2=20\text{kN}$ , 速度  $v_2=0.01\text{m/s}$ , 节流阀两端压力差  $\Delta p=0.5\text{MPa}$ 。其余损失不计。试计算:

(1) 输入压力  $p$ 。

(2) 输入流量  $q_v$ 。

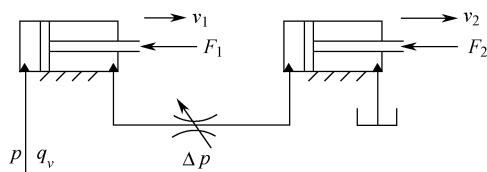


图 1-3-5

4. 如图 1-3-6 所示液压系统，采用 CB—30 液压泵供油，其额定压力为 2.5MPa，液压缸无杆腔有效作用面积  $A_1=0.05\text{m}^2$ ，有杆腔有效作用面积  $A_2=0.03\text{m}^2$ ，通过溢流阀 2 的流量为 20L/min，节流阀 3 两端的压力差为  $\Delta p=1\text{MPa}$ ，负载  $F=20\text{kN}$ ，管路中的各种损失不计，试计算：

- (1) 活塞的运动速度  $v$ 。
- (2) 液压缸有杆腔排出的流量  $q_{\text{排}}$ 。
- (3) 液压泵的实际压力  $p_{\text{泵}}$ 。
- (4) 若液压泵的效率为 0.8，求驱动液压泵的电机的匹配功率  $P_{\text{匹}}$ 。

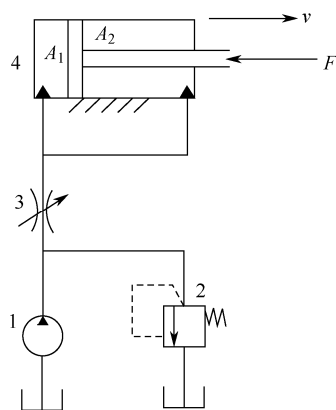


图 1-3-6

5. 如图 1-3-7 所示液压传动，液压缸无杆腔有效作用面积  $A_1=0.02\text{m}^2$ ，有杆腔有效作用面积  $A_2=0.015\text{m}^2$ ，节流阀两端的压力差为  $\Delta p=1\text{MPa}$ ，通过节流阀的流量  $q_{\text{节}}=5\text{L/min}$ ，液压缸克服的负载  $F=10\text{kN}$ ，其他各种损失不计。试计算：

- (1) 输入压力  $p$ 。
- (2) 输入流量  $q_v$ 。

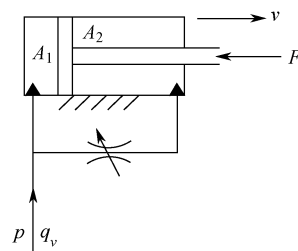


图 1-3-7

6. 如图 1-3-8 所示液压系统，采用 YB—28 双作用式叶片泵供油，其额定压力为 3.6MPa。液压缸 a 的活塞面积  $A_a=0.05\text{m}^2$ ，负载  $F_a=100\text{kN}$ ，速度  $v_a=0.2\text{m/min}$ ；液压缸 b 的活塞面积  $A_b=0.02\text{m}^2$ ，负载  $F_b=50\text{kN}$ 。工作时，两液压缸同时动作，测得节流阀 2 的两端压力差  $\Delta p_2=1.2\text{MPa}$ ，通过溢流阀 1 的流量为  $q_{v1}=12\text{L/min}$ 。管路中的各种损失不计。试计算：

- (1) 节流阀 3 的两端压力差  $\Delta p_3$ 。
- (2) 液压缸 b 活塞的速度  $v_b$ 。
- (3) 液压泵的实际输出功率  $P_{\text{泵实}}$ 。

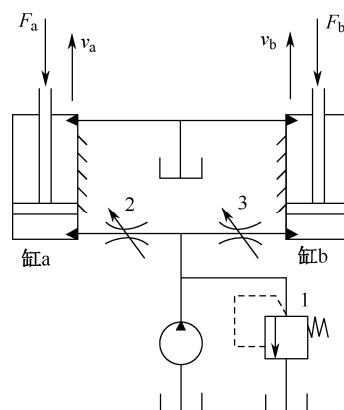


图 1-3-8



## 模块二

2

# 液压元件

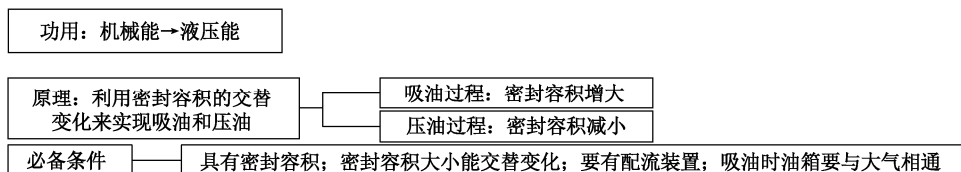
### 考点分析

常 考 点	选 考 点	对应的考纲要求	备 注
1. 液压泵的结构特点 2. 液压泵的功用及图形符号	液压泵的工作原理	了解液压泵的工作原理，掌握液压泵的结构特点、功用及图形符号	判断、选择题中考核较多
1. 液压缸特点、功用及图形符号 2. 液压缸进行速度、推力的计算 3. 液压马达的功用及图形符号	1. 液压缸的工作原理 2. 液压马达的工作原理 3. 液压马达的结构特点	1. 了解液压缸的工作原理，熟悉液压缸特点、功用及图形符号，并能根据要求对液压缸进行速度、推力的计算 2. 了解液压马达的工作原理，掌握液压马达的结构特点、功用及图形符号	综合题中考核较多
1. 液压控制阀的特点、功用 2. 液压控制阀的图形符号的含义及画法 3. 滑阀中位机能特点	液压控制阀的种类	了解液压控制阀的种类，熟悉液压控制阀的特点、功用，掌握各种液压控制阀的图形符号的含义及画法，理解滑阀中位机能特点	综合题中考核较多
液压辅助元件的图形符号含义	液压辅助元件的种类、特点及作用	了解液压辅助元件的种类、特点及作用，理解液压辅助元件的图形符号的含义	综合题中考核较多

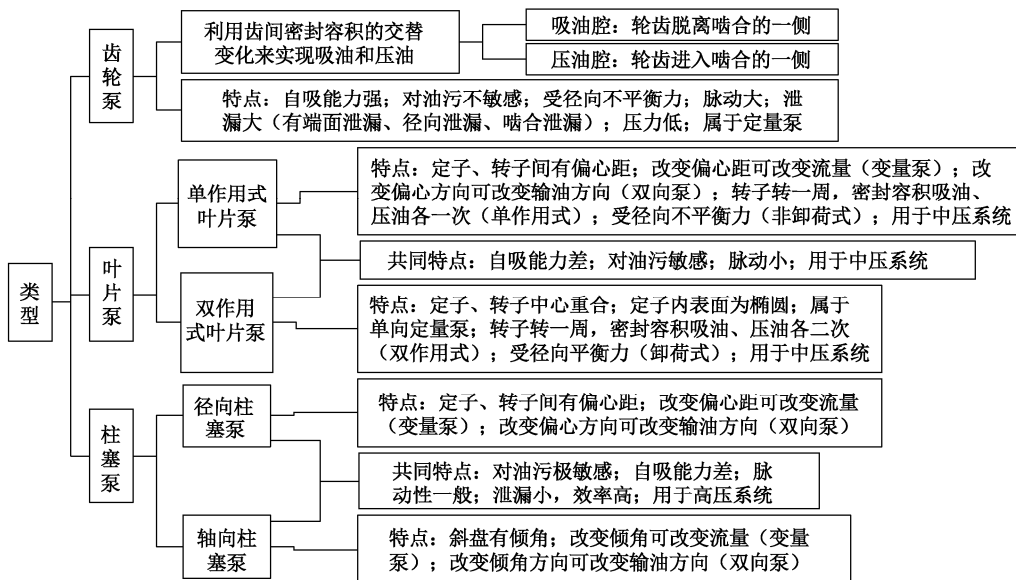
## 专题一 液压动力元件——液压泵

### 知识提要

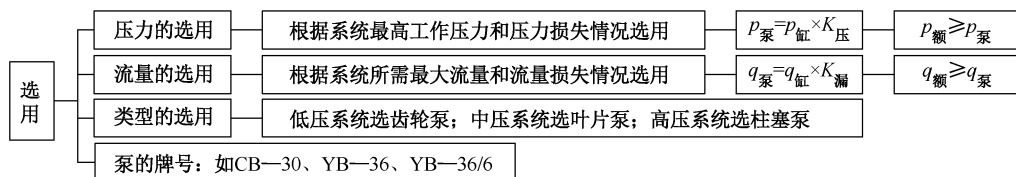
#### 1. 液压泵的功用、工作原理及必备条件



## 2. 常见液压泵



## 3. 液压泵的选用



## 复习指导

1. 液压泵工作时应有配流装置。配流装置的作用是：吸油时，密封容积与油箱相通，同时关闭供油管路；压油时，密封容积与供油相通，同时关闭与油箱的连接。

2. 液压泵的输出流量大小与密封容积变化的大小和变化的频率有关。液压泵工作时，由电机驱动，由于电机的转速一般是固定的，密封容积变化的频率也是固定的，故液压泵的输出流量大小取决于密封容积变化的大小。

3. 液压泵的图形符号。



类型	单向定量泵	双向定量泵	单向变量泵	双向变量泵
图形符号				

4. 自吸能力是指在一定转速下, 泵从油箱的吸油能力。齿轮泵的自吸能力好, 而叶片泵工作时, 在离心力的作用下, 叶片紧靠在定子内壁, 故自吸能力差。

5. 齿轮泵的压油口孔径往往比吸油口孔径要小, 其目的是减小径向不平衡力。

6. 齿轮泵的泄漏包括齿顶与泵体内壁间的泄漏(径向泄漏)、齿轮端面与端盖间的泄漏(端面泄漏)和轮齿啮合处的泄漏(啮合泄漏)。其中, 端面泄漏量最大。由于齿轮泵比其他液压泵的泄漏大, 故齿轮泵工作压力低, 效率低。

7. 径向柱塞泵的径向尺寸大, 柱塞顶部易磨损, 因而已逐渐被轴向柱塞泵替代。

8. 液压泵的实际工作压力是指泵在某一实际工作状态下的输出压力, 其大小取决于负载和输油管路上的压力损失。额定压力是指泵在正常工作条件下, 按试验标准规定连续运转的压力, 其大小取决于泵自身的结构和尺寸。选择液压泵时, 要求实际工作压力小于或等于额定压力。

9. 液压泵的实际工作流量是指液压泵在某一具体工作条件下输出的流量。额定流量是指液压泵在正常工作条件下, 按试验标准规定必须保证的流量。对应定量泵, 实际工作流量等于额定流量。



### 典题探析



#### 例 2-1-1

如图 2-1-1 所示液压传动, 活塞面积为  $0.01\text{m}^2$ , 克服的负载为  $F=15\text{kN}$ , 活塞速度为  $v=0.03\text{m/s}$ ,  $K_{\text{压}}=1.3$ ,  $K_{\text{漏}}=1.1$ , 泵的效率为 0.8。现有如下液压泵: ①CB—15, ②CB—20, ③CB—25, ④YB—16, ⑤YB—19, ⑥YB—22。

(1) 求液压泵的工作压力。

(2) 应选用何种泵?

(3) 若所选泵的额定压力为  $2.0\text{MPa}$ , 求驱动泵的电机匹配功率。

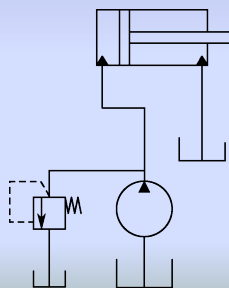


图 2-1-1



## 思路分析

选择液压泵时,主要考虑液压泵的工作压力和流量两个参数。液压泵的工作压力是根据执行元件的最大工作压力来决定的,并考虑各种压力损失,要求  $p_{\text{泵}} \leq p_{\text{泵额}}$ 。液压泵的工作流量取决于系统所需的最大流量及流量损失,要求  $q_{\text{V泵}} \leq q_{\text{V泵额}}$ 。选择液压泵类型时,主要考虑液压泵的工作压力。低压系统( $p \leq 2.5\text{MPa}$ )应选用齿轮泵。中压系统( $2.5 \sim 6.3\text{MPa}$ )多选用叶片泵。若工作压力更高时,应选择柱塞泵。

**解** 液压泵的工作压力  $p_{\text{泵}} = p_{\text{缸}} \times K_{\text{压}} = \frac{15000}{0.01} \times 1.3 = 1.95\text{MPa}$

液压泵的工作流量  $q_{\text{V泵}} = q_{\text{V缸}} \times K_{\text{漏}} = 0.03 \times 0.01 \times 1.1 = 3.3 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s} = 19.8\text{L}/\text{min}$

故选择的液压泵为:CB—20

驱动泵的电机匹配功率  $P_{\text{电匹}} = \frac{P_{\text{泵额}}}{\eta} = \frac{2.0 \times 10^6 \times 20 \times 10^{-3} / 60}{0.8} = 833.33\text{W}$



## 课后巩固

### (一) 判断题

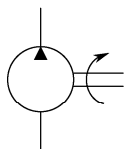
1. 液压泵的额定压力取决于负载的大小。 ( )
2. 实际使用的液压系统,液压泵的额定压力应大于系统的最高工作压力。 ( )
3. 液压泵的工作效率一般随工作压力的升高而升高。 ( )
4. 液压泵的工作压力大小取决于液压泵的额定压力。 ( )
5. 液压系统的内部压力取决于泵所输出的额定压力,与外负载无关。 ( )
6. 液压泵是液压系统中的动力元件,液压缸属于液压系统中的一种执行元件。 ( )
7. 液压泵是液压系统的动力元件,其作用是为液压系统提供压力油。 ( )
8. 液压泵密封容积增大的过程就是压油过程。 ( )
9. 在吸油时,密封容积与供油管路相通,同时关闭与油箱的连接。 ( )
10. 双作用叶片泵的定子与转子间有偏心距,因而转子的回转产生密封容积的交替变化。 ( )
11. 单作用叶片泵属于双向变量泵。 ( )
12. 柱塞泵的密封容积是由柱塞与转子间形成的。 ( )
13. 齿轮泵具有工作压力低、流量脉动性大、对油污不敏感等特点。 ( )
14. 单作用叶片泵的定子和转子的中心重合时可以获得稳定大流量。 ( )
15. 齿轮泵的齿轮脱离啮合的那一腔,为吸油腔。 ( )
16. 当压力增加时,泄漏增大,故一般的齿轮泵不适合用作高压泵。 ( )
17. 齿轮泵的泄漏中,端面间隙的泄漏量最大。 ( )
18. 为减小径向不平衡力,齿轮泵的压油口孔径比吸油口孔径要小。 ( )
19. 单作用式叶片泵的转子每转一周时,每个密封容积完成一次吸油和压油。 ( )
20. 双作用式叶片泵,改变转子与定子间的偏心距大小和偏心方向,就可以改变泵的输油量大小和输油方向。 ( )



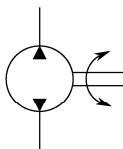
21. 双作用式叶片泵又称为非卸荷式叶片泵, 单作用式叶片泵又称为卸荷式叶片泵。 ( )
22. 叶片泵一般用在中压液压系统中, 齿轮泵一般用于高压系统中。 ( )
23. 改变齿轮泵中齿轮的转动方向, 就可使齿轮泵变为双向泵。 ( )

## (二) 选择题

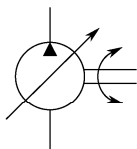
1. 下列液压泵中, 不能成为双向变量泵的是 ( )。
- A. 径向柱塞泵      B. 轴向柱塞泵      C. 双作用叶片泵      D. 单作用叶片泵
2. 泵运转时, ( ) 承受的径向力是平衡的。
- A. 单作用叶片泵      B. 齿轮泵      C. 双作用叶片泵      D. 径向柱塞泵
3. 中压液压系统宜采用 ( ) 泵。
- A. 齿轮      B. 叶片      C. 径向柱塞      D. 轴向柱塞
4. 齿轮泵工作压力不易提高、效率也较低的主要原因是 ( )。
- A. 转速太低      B. 转速太高      C. 轴向泄漏过大      D. 径向泄漏过大
5. 齿轮泵采用浮动轴套, 自动补偿端面间隙、提高泵的压力和容积效率, 是因为其存在 ( )。
- A. 流量脉动      B. 困油现象      C. 泄漏现象      D. 径向不平衡力
6. 低压液压系统宜采用 ( )。
- A. 齿轮泵      B. 叶片泵      C. 径向柱塞泵      D. 轴向柱塞泵
7. 工作压力高, 对油污很敏感的液压泵是 ( )。
- A. 齿轮泵      B. 单作用叶片泵      C. 柱塞泵      D. 双作用叶片泵
8. 液压泵属于液压系统的 ( ) 元件。
- A. 动力      B. 执行      C. 控制      D. 辅助
9. 双向变量泵的图形符号是 ( )。



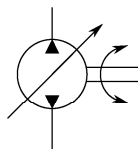
A.



B.

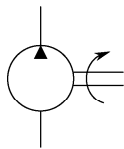


C.

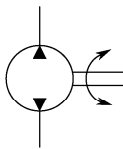


D.

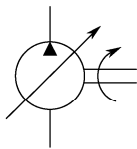
10. 齿轮泵的符号为 ( )。



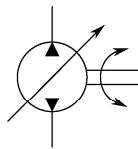
A.



B.



C.



D.

## (三) 填空题

1. 液压泵是将电动机的\_\_\_\_\_能转化为油液的\_\_\_\_\_能, 其属于液压\_\_\_\_\_元件。
2. 液压泵是依靠\_\_\_\_\_的变化来实现\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的, 其工作过程包括\_\_\_\_\_过程和\_\_\_\_\_过程。



3. 液压泵吸油时, 密封容积\_\_\_\_\_; 压油时, 密封容积\_\_\_\_\_。
4. 液压泵工作时, 应具备\_\_\_\_\_容积, 密封容积的大小能\_\_\_\_\_, 应有\_\_\_\_\_装置, 吸油时, 油箱必须与\_\_\_\_\_相通。
5. 液压泵吸油时, 密封容积与\_\_\_\_\_相通, 同时关闭\_\_\_\_\_管路; 压油时, 密封容积与\_\_\_\_\_相通, 同时关闭与\_\_\_\_\_的连接。
6. 液压泵的输出流量与\_\_\_\_\_有关。
7. 按流量是否可调节, 液压泵可分为\_\_\_\_\_泵和\_\_\_\_\_泵; 按输油方向能否改变, 液压泵可分为\_\_\_\_\_泵和\_\_\_\_\_泵。
8. 齿轮泵的吸油腔在轮齿\_\_\_\_\_的一侧, 压油腔在轮齿\_\_\_\_\_的一侧。
9. 齿轮泵工作可靠, 自吸能力\_\_\_\_\_, 对油污\_\_\_\_\_ (敏感、不敏感), \_\_\_\_\_ (存在、不存在) 径向不平衡力, 价格\_\_\_\_\_, 泄漏量\_\_\_\_\_, 工作压力\_\_\_\_\_, 输油的脉动\_\_\_\_\_, 流量\_\_\_\_\_ (能、不能) 调节, 主要用于工作压力小于\_\_\_\_\_ MPa 的\_\_\_\_\_ 压液压系统中。
10. 齿轮泵的压油口孔径往往比吸油口孔径要\_\_\_\_\_ (大、小), 其目的是为了减小\_\_\_\_\_。
11. 单作用式叶片泵中, 定子内表面为\_\_\_\_\_形, 定子和转子间有\_\_\_\_\_, 叶片装在转子槽中, 在\_\_\_\_\_的作用下, 叶片紧靠在定子内壁。转子每转一周时, 每个密封容积完成\_\_\_\_\_次吸油和压油, 故称为\_\_\_\_\_式叶片泵。转子承受的来自吸油腔和压油腔的径向压力大小\_\_\_\_\_ (平衡、不平衡), 故称为\_\_\_\_\_式叶片泵。若改变转子与定子间的\_\_\_\_\_大小, 可以改变泵的输油量大小, 故属于\_\_\_\_\_泵。若改变转子与定子间的\_\_\_\_\_, 可以改变泵的输油方向, 故属于\_\_\_\_\_泵。
12. 双作用式叶片泵中, 定子内表面为\_\_\_\_\_形; 定子和转子间\_\_\_\_\_ (有、无) 偏心距; 叶片装在转子槽中, 在\_\_\_\_\_的作用下, 叶片紧靠在定子内壁; 各有\_\_\_\_\_个吸油窗和压油窗, 且为\_\_\_\_\_分布。转子每转一周时, 每个密封容积完成\_\_\_\_\_次吸油和压油, 故称为\_\_\_\_\_式叶片泵。转子承受的来自吸油腔和压油腔的径向压力大小\_\_\_\_\_ (平衡、不平衡), 故称为\_\_\_\_\_式叶片泵。定子和转子的中心\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ (能、不能) 改变输油量和输油方向, 故属于\_\_\_\_\_泵。
13. 叶片泵的输出流量脉动\_\_\_\_\_, 自吸性能较齿轮泵\_\_\_\_\_, 对油液污染\_\_\_\_\_, 一般用在\_\_\_\_\_系统中。
14. 轴向柱塞泵工作时, 改变斜盘\_\_\_\_\_, 就可改变输油量, 故属于\_\_\_\_\_泵。改变斜盘\_\_\_\_\_, 就能改变输油方向, 故属于\_\_\_\_\_泵。
15. 径向柱塞泵工作时, 改变定子与转子间的\_\_\_\_\_, 就可改变输油量, 故属于\_\_\_\_\_泵。改变定子与转子间的\_\_\_\_\_, 就能改变输油方向, 故属于\_\_\_\_\_泵。
16. 径向柱塞泵的径向尺寸\_\_\_\_\_, 柱塞顶部易磨损, 已逐渐被\_\_\_\_\_柱塞泵替代。
17. 柱塞泵的泄漏\_\_\_\_\_, 工作压力、效率\_\_\_\_\_, 对油液污染\_\_\_\_\_, 结构复杂, 价格\_\_\_\_\_, 一般用于\_\_\_\_\_压、\_\_\_\_\_流量的液压系统中。

#### (四) 计算题

1. 如图 2-1-2 所示的液压系统, 已知: 活塞向右运动的速度  $v$  为  $0.04\text{m/s}$ , 负载  $F$  为  $10\text{kN}$ , 活塞的有效作用面积  $A$  为  $0.008\text{m}^2$ ,  $K_{\text{漏}}=1.1$ ,  $K_{\text{压}}=1.3$ , 现有齿轮泵 (额定流量分别为  $15\text{L/min}$ 、



20L/min、22L/min、26L/min) 和叶片泵 (额定流量分别为 18L/min、20L/min、24L/min、30L/min) 可供选用, 问: 应选用哪一种?

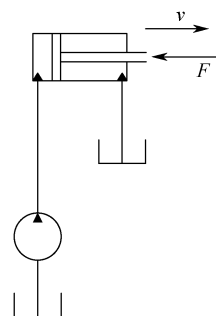


图 2-1-2

2. 图 2-1-3 所示为简化的液压系统,  $A_1=0.01\text{m}^2$ ,  $A_2=0.005\text{m}^2$ ,  $F_1=10\text{kN}$ ,  $F_2=8\text{kN}$ , 两液压缸先后动作, 要求活塞速度  $v_1=0.03\text{m/s}$ ,  $v_2=0.08\text{m/s}$ , 已知  $K_{\text{压}}=1.3$ ,  $K_{\text{漏}}=1.1$ 。现有如下液压泵: ①CB—15, ②CB—20, ③CB—27, ④YB—16, ⑤YB—21, ⑥YB—25。

(1) 应选用何种泵?

(2) 若所选泵的额定压力为 2.5MPa, 泵的总效率为 0.8, 求驱动泵的电机匹配功率。

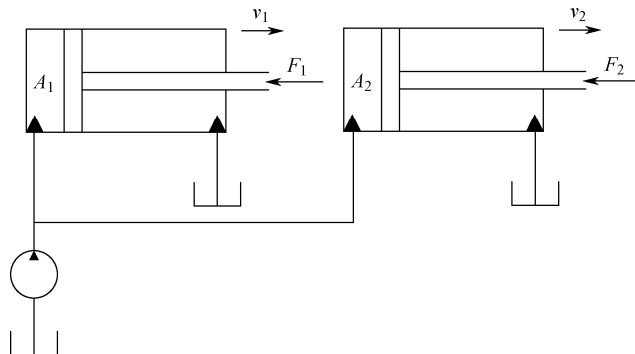


图 2-1-3

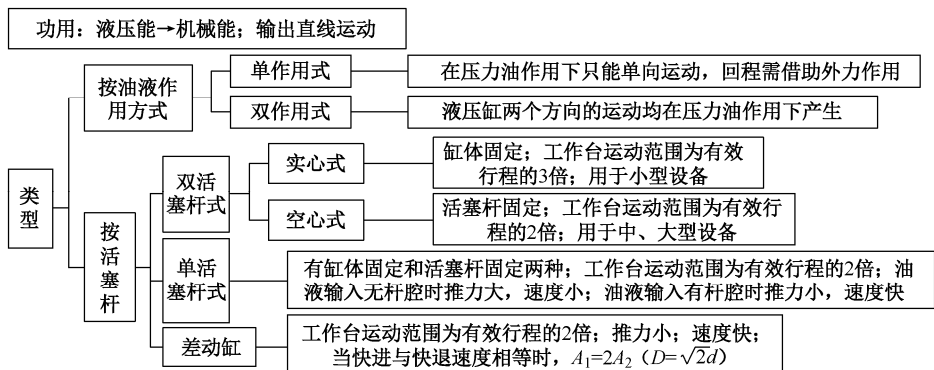


## 专题二 液压执行元件——液压缸、液压马达

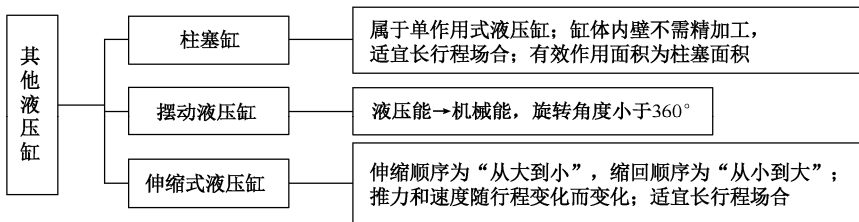


### 知识提要

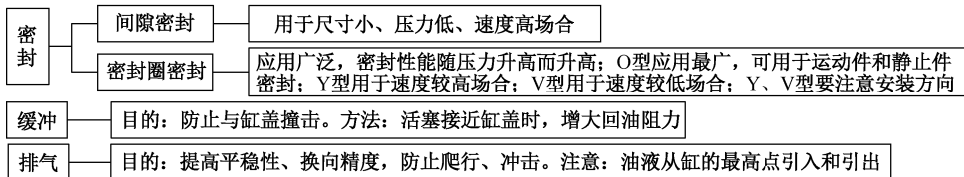
#### 1. 活塞式液压缸



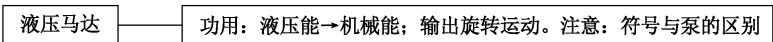
#### 2. 其他液压缸



#### 3. 液压缸的密封、缓冲、排气



#### 4. 液压马达



### 复习指导

#### 1. 液压缸的计算主要包括速度、流量的计算和负载、压力的计算。

由于活塞(或液压缸)的运动速度等于液压缸内油液的平均流速，因此计算活塞的运动速





度时, 可通过液压缸两腔的流速计算。即:

$$v = \frac{q_{v\lambda}}{A_{\lambda}} = \frac{q_{v\text{出}}}{A_{\text{出}}}$$

液压缸的压力或负载计算方法通常由列力平衡式求得。力平衡式的一般表达式为:

$$p_{\lambda} A_{\lambda} = p_{\text{背}} A_{\text{背}} + F$$

2. 要注意差动液压缸的三种不同流量: 输入流量  $q_v$ 、无杆腔流量  $q_{v1}$ 、有杆腔流量  $q_{v2}$ 。

$$q_v = v_3 \times A_3 \quad q_{v1} = v_3 \times A_1 \quad q_{v2} = v_3 \times A_2$$

3. 差动液压缸的速度快, 推力小, 适用于快速进给系统。

4. 双作用单活塞杆液压缸常用于慢速工作进给和快退的场合, 采用差动连接时可实现快进、工进、快退的工作循环。

5. 双活塞杆液压缸的两腔有效作用面积一般是相同的, 当输入流量相同时, 活塞(或缸)往复移动的速度相等。当输入的工作压力相同时, 活塞往两个方向产生的推力相等。常用于工作台往复运动速度相等、推力相等的场合。

6. 当液压缸的缸体固定, 活塞运动时, 活塞杆一般为实心结构; 当液压缸的活塞杆固定, 缸体运动时, 活塞杆一般为空心结构。

7. 液压缸采用间隙密封时, 活塞上常开几条环形槽, 其作用: 一方面可以减少活塞与液压缸的接触面积, 另一方面防止活塞偏移。

8. 液压缸中混入空气会对系统工作产生不良影响, 为了排除缸内空气, 液压系统开始工作前, 拧开排气塞, 使活塞空载往复数次, 将缸中空气通过排气塞排净, 然后拧紧排气塞, 即可进行工作。

9. 液压马达的结构与液压泵相似, 工作原理与液压泵相反, 其符号如下表。

类 型	单向定量马达	双向定量马达	单向变量马达	双向变量马达
图形符号				



### 典题探析



#### 例 2-2-1

如图 2-2-1 所示的液压系统, 活塞面积为  $0.01\text{m}^2$ , 活塞杆面积为  $0.003\text{m}^2$ , 泵的额定流量为  $3 \times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$ , 溢流阀调定压力  $p_{y1}=3\text{MPa}$ ,  $p_{y2}=1\text{MPa}$ 。

(1) 当换向阀接中位时, 活塞的速度和所能克服的最大负载分别为多少?

(2) 当换向阀接左位时, 活塞的速度和所能克服的最大负载分别为多少?

(3) 当换向阀接右位时, 活塞的速度和所能克服的最大负载分别为多少?

(4) 若该系统更换另一液压缸, 要求快进速度是快退速度的 2 倍, 则液压缸的直径  $D$  与活塞杆直径  $d$  之比为多少?

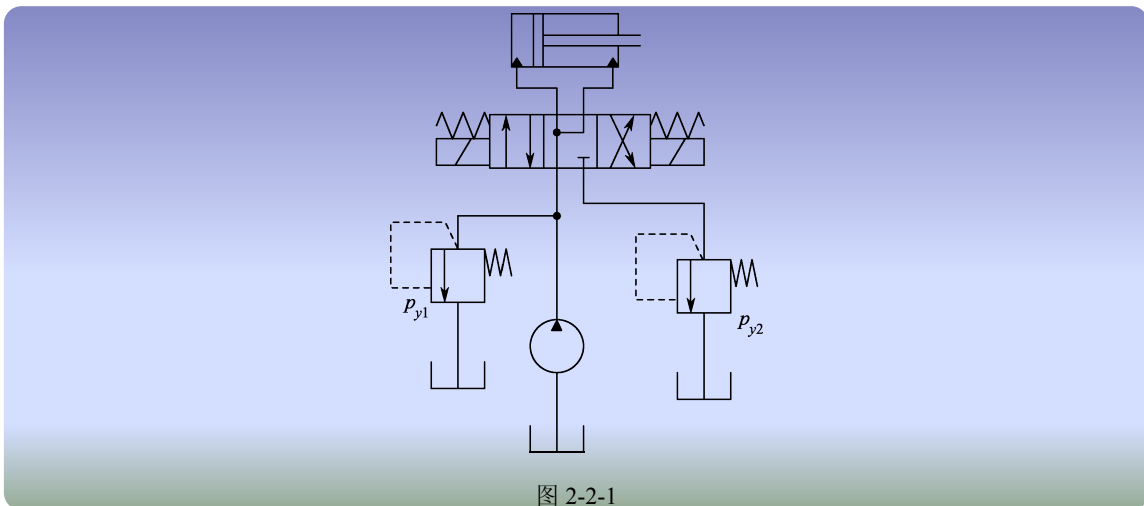


图 2-2-1

### 思路分析

(1) 液压缸所能克服的最大负载取决于溢流阀的调定压力  $p_{y1}$ ；(2) 当换向阀接中位时，液压缸为差动连接；(3) 换向阀接左位、右位时，回路中存在背压。

**解**

$$(1) \quad v = \frac{q_{v\text{泵}}}{A_3} = \frac{3 \times 10^{-4}}{0.003} = 0.1 \text{ m/s}$$

$$F = p_{y1} A_3 = 3 \times 10^6 \times 3 \times 10^{-3} = 9 \text{ kN}$$

$$(2) \quad v = \frac{q_{v\text{泵}}}{A_1} = \frac{3 \times 10^{-4}}{0.01} = 0.03 \text{ m/s}$$

$$p_{y1} A_1 = p_{y2} A_2 + F$$

$$3 \times 10^6 \times 0.01 = 1 \times 10^6 \times 7 \times 10^{-3} + F$$

$$F = 23 \text{ kN}$$

$$(3) \quad v = \frac{q_{v\text{泵}}}{A_2} = \frac{3 \times 10^{-4}}{0.007} = 0.043 \text{ m/s}$$

$$p_{y1} A_2 = p_{y2} A_1 + F$$

$$3 \times 10^6 \times 7 \times 10^{-3} = 1 \times 10^6 \times 0.01 + F$$

$$F = 11 \text{ kN}$$

$$(4) \quad v = \frac{q_{v\text{泵}}}{A_3} = 2 \times \frac{q_{v\text{泵}}}{A_2}$$

$$A_2 = 2A_3 \quad A_1 = 3A_3 \quad D = \sqrt{3}d$$



### 课后巩固

#### (一) 判断题

1. 作用于活塞上的推力越大，活塞运动速度越快。

( )



2. 液压泵是液压系统中的动力元件，液压缸属于液压系统中的一种执行元件。（ ）
3. 液压缸是液压传动系统中的执行元件，是将机械能转换为液压能的能量转换装置。（ ）
4. 液压马达属于液压系统的动力元件。（ ）
5. 双活塞杆液压缸又称为双作用液压缸，单活塞杆液压缸又称为单作用液压缸。（ ）
6. 双作用液压缸和双作用叶片泵中的“双作用”含义是一样的。（ ）
7. 柱塞式液压缸缸体内壁无须精加工，简化了缸体的加工工艺，适用于长行程的液压缸。（ ）
8. 柱塞式液压缸属于单作用式液压缸。（ ）
9. 在输入流量不变的情况下，所有双活塞杆液压缸的活塞往复移动的速度均相等。（ ）
10. 差动连接液压缸的特点是：速度快，推力大，适于快速进给系统。（ ）
11. 双作用式单活塞杆液压缸，无杆腔的流量与有杆腔的流量相等。（ ）
12. 双作用式单活塞杆液压缸的往复运动范围是有效行程的 2 倍。（ ）
13. 双作用式双活塞杆液压缸采用缸体固定时，活塞杆为实心结构，液压缸的运动范围为有效行程的 2 倍。（ ）
14. 间隙密封用于直径较小、压力较低、运动速度低的场合。（ ）
15. O 型密封圈既可以用于运动件之间的密封，又可以用于固定件之间的密封。（ ）
16. O 型密封圈、Y 型密封圈常用于速度较高的液压缸，V 型密封圈常用于速度较低的液压缸。（ ）
17. 为便于排气，排气塞常布置于液压缸的最高处。（ ）
18. 液压缸的进、出油口常布置在液压缸两端的最低处。（ ）
19. 液压泵与液压马达都属于液压系统的执行元件，但其工作原理正好相反。（ ）

## （二）选择题

1. 液压马达是液压系统中的（ ）。  
A. 动力元件                  B. 执行元件                  C. 控制元件                  D. 辅助元件
2. 作差动连接的单活塞杆液压缸，欲使活塞往复运动速度相同，必须满足（ ）。  
A. 活塞直径为活塞杆直径的 2 倍  
B. 活塞直径为活塞杆直径的  $\sqrt{2}$  倍  
C. 活塞有效作用面积为活塞杆面积的  $\sqrt{2}$  倍  
D. 活塞有效作用面积比活塞杆面积大 2 倍
3. 在运动速度较高，密封性能好的液压缸的密封中常选用（ ）密封。  
A. 间隙密封                  B. O 型密封圈                  C. V 型密封圈                  D. Y 型密封圈
4. 液压龙门刨床的工作台较长，考虑到液压缸的缸体长，孔加工困难，故常采用（ ）。  
A. 单活塞杆双作用式液压缸                  B. 双活塞杆双作用式液压缸  
C. 柱塞式液压缸                  D. 差动连接液压缸
5. 下列关于差动液压缸的描述，错误的是（ ）。



- A. 速度快, 推力小
- B. 适于快速进给系统
- C. 将单活塞杆双作用式液压缸的两腔连在一起
- D. 将双活塞杆双作用式液压缸的两腔连在一起

6. 下列关于液压马达的描述, 错误的是( )。

- A. 液压马达是液压系统的执行元件
- B. 液压马达输出的是旋转运动
- C. 将液压能转变为机械能
- D. 液压马达输出的是直线移动或摆动

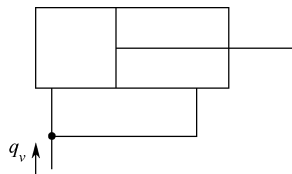


图 2-2-2

7. 某液压缸连接示意图如图 2-2-2 所示。若系统提供的流量为  $q_v$ , 活塞的直径是活塞杆直径的 2 倍, 不考虑泄漏, 则进入无杆腔的流量为( )。

- A.  $q_v$
- B.  $2q_v$
- C.  $4q_v$
- D.  $8q_v$

8. 下列关于双活塞杆双作用式液压缸的描述, 错误的是( )。

- A. 液压缸两端均有活塞杆伸出, 使两腔的有效作用面积相等
- B. 在输入流量不变的情况下, 活塞往复移动的速度相等
- C. 在输入的工作压力不变的情况下, 活塞往两个方向的推力相等
- D. 活塞带动工作台的移动范围小, 常用于工作范围小的机构中

9. 作差动连接的单活塞杆液压缸, 欲使活塞往复运动速度相等, 活塞面积等于( )倍活塞杆面积。

- A. 1
- B. 2
- C.  $\sqrt{2}$
- D.  $\sqrt{3}$

10. 下列关于液压缸的密封描述, 错误的是( )。

- A. 间隙密封适用于尺寸小、压力低、速度高的场合
- B. O 型密封圈结构简单, 用途广泛
- C. Y 型密封圈用于速度较低场合, V 型密封圈用于速度较高场合
- D. Y 型、V 型密封圈安装时, 唇边应对着压力油腔

### (三) 填空题

- 1. 液压缸和液压马达属于液压\_\_\_\_\_元件, 其可将\_\_\_\_\_能转变为\_\_\_\_\_能。
- 2. 液压马达工作时, 输出\_\_\_\_\_运动。
- 3. 单作用式液压缸工作时, 在压力油作用下只能作\_\_\_\_\_运动, 回程须借助\_\_\_\_\_作用才能实现。
- 4. 双作用式液压缸工作时, 往复两个方向的运动都由\_\_\_\_\_作用实现。
- 5. 单活塞杆液压缸的往复运动范围是有效行程的\_\_\_\_\_倍。
- 6. 将\_\_\_\_\_液压缸的\_\_\_\_\_连在一起, 称为\_\_\_\_\_连接。
- 7. 差动液压缸的两腔\_\_\_\_\_相等, 但\_\_\_\_\_不等, 其运动方向为\_\_\_\_\_的方向, 液压缸的往复运动范围是有效行程的\_\_\_\_\_倍。
- 8. 单活塞杆液压缸常用于\_\_\_\_\_工作进给和\_\_\_\_\_的场合, 采用差动连接时可实现\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的工作循环。



9. 双作用式双活塞杆液压缸中, 两腔的有效作用面积\_\_\_\_\_。若缸体固定, 活塞杆运动, 则活塞杆为\_\_\_\_\_结构, 液压缸的运动范围为有效行程的\_\_\_\_\_倍, 一般用于\_\_\_\_\_液压设备。若活塞杆固定, 缸体运动, 则活塞杆为\_\_\_\_\_结构, 用于\_\_\_\_\_油液, 液压缸的运动范围为有效行程的\_\_\_\_\_倍, 一般用于\_\_\_\_\_液压设备。

10. 柱塞式液压缸属于\_\_\_\_\_式液压缸, 其缸体内壁\_\_\_\_\_ (需、不需) 精加工, 适用于\_\_\_\_\_行程的工作场合。

11. 摆动液压缸可将油液的\_\_\_\_\_能转变为\_\_\_\_\_运动\_\_\_\_\_能。

12. 伸缩式液压缸中, 活塞伸出顺序是从\_\_\_\_\_到\_\_\_\_\_。缩回顺序是从\_\_\_\_\_到\_\_\_\_\_。

13. 伸缩式液压缸中, 大活塞伸出时推动的负载\_\_\_\_\_, 但速度\_\_\_\_\_; 小活塞伸出时, 推动的负载\_\_\_\_\_, 但速度\_\_\_\_\_。故推力和速度随\_\_\_\_\_的变化而变化。

14. 间隙密封的特点是摩擦阻力\_\_\_\_\_, 密封性能\_\_\_\_\_, 加工精度要求\_\_\_\_\_, 只适于直径\_\_\_\_\_, 压力\_\_\_\_\_, 运动速度\_\_\_\_\_的场合。

15. 间隙密封中, 活塞上开几条环形槽, 其作用是: 一方面可以减少活塞与液压缸的\_\_\_\_\_, 另一方面防止\_\_\_\_\_。

16. O 型密封圈用于运动速度较\_\_\_\_\_的场合, Y 型密封圈常用于速度较\_\_\_\_\_的液压缸, V 型密封圈常用于速度较\_\_\_\_\_的液压缸。

17. Y 型密封圈、V 型密封圈装配时, 一定要使其唇边面向\_\_\_\_\_区。

18. 液压缸的缓冲是为了避免活塞在行程终了\_\_\_\_\_。缓冲原理是当活塞到达行程终点, 接近缸盖时, 增大\_\_\_\_\_。

19. 液压缸的进出油口常布置在液压缸两端的\_\_\_\_\_, 目的是为便于\_\_\_\_\_。

20. 安装排气塞时, 其位置应在液压缸的\_\_\_\_\_。

21. 液压系统工作前, 常使活塞空载往复运动数次, 其目的是\_\_\_\_\_。

22. 液压马达可将\_\_\_\_\_能转变为\_\_\_\_\_运动\_\_\_\_\_能, 属于液压\_\_\_\_\_元件。

#### (四) 计算题

1. 如图 2-2-3 所示的液压缸, 输入流量为  $10\text{L/min}$ , 输入压力为  $2\text{MPa}$ , 活塞面积  $0.01\text{m}^2$ , 活塞杆  $0.004\text{m}^2$ , 背压为  $1\text{MPa}$ 。求活塞移动的速度  $v$ 、有杆腔排出的流量及克服的负载  $F$ 。

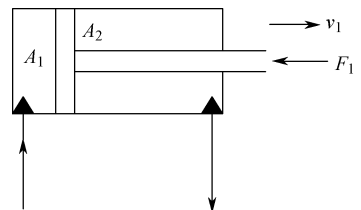


图 2-2-3

2. 如图 2-2-4 所示, 两串联双出杆活塞式液压缸的有效作用面积  $A_1=10\times 10^{-3}\text{m}^2$ ,  $A_2=5\times 10^{-3}\text{m}^2$ , 液压泵的额定流量  $q_{v\text{额}}=2\times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$ , 不计损失, 试计算:

(1) 缸 1 的活塞运动速度  $v_1$  为多少?

(2) 缸 2 的活塞运动速度  $v_2$  为多少?



- (3) 当两缸负载  $F$  相同, 缸 1 的工作压力  $p_1=2\text{MPa}$  时, 负载  $F$  为多少?  
(4) 当负载  $F_1=5\text{kN}$ ,  $F_2=4\text{kN}$  时, 缸 1 的工作压力  $p_1$  为多少?

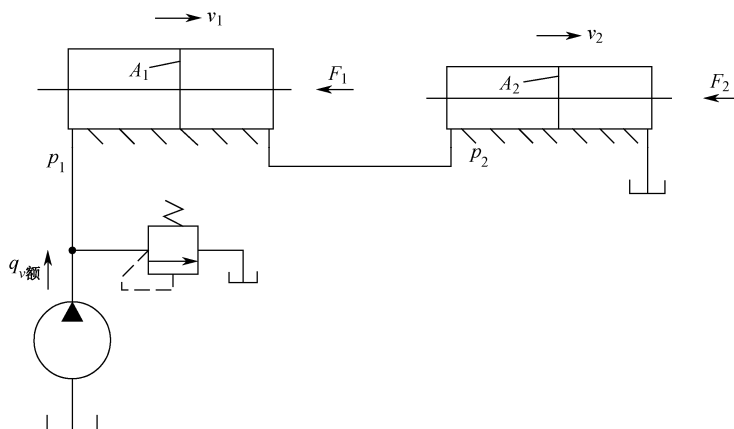


图 2-2-4

3. 某柱塞缸, 柱塞直径为  $200\text{mm}$ , 缸的直径为  $400\text{mm}$ , 输入流量为  $4.2 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ , 输入压力为  $2.5\text{MPa}$ , 试计算: 柱塞的移动速度、作用在柱塞上的负载。

4. 如图 2-2-5 所示的液压缸, 输入流量为  $q_v=10\text{L}/\text{min}$ , 输入压力为  $p=2.0\text{MPa}$ , 液压缸无杆腔的有效作用面积  $A_1$  为  $0.01\text{m}^2$ , 有杆腔的有效作用面积  $A_2$  为  $0.005\text{m}^2$ , 求活塞的运动速度  $v$ 、无杆腔流量  $q_{v1}$ 、有杆腔流量  $q_{v2}$  和负载  $F$ 。

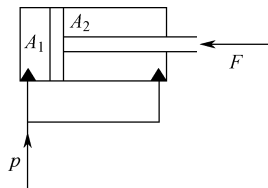


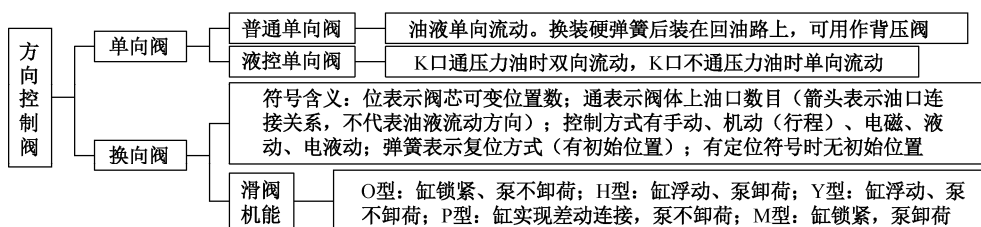
图 2-2-5

## 专题三 液压控制元件——控制阀

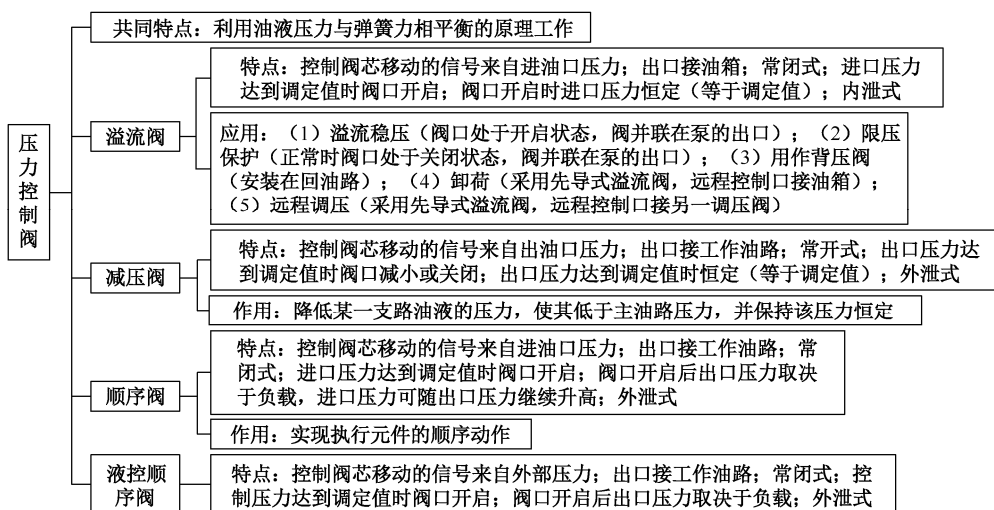


### 知识提要

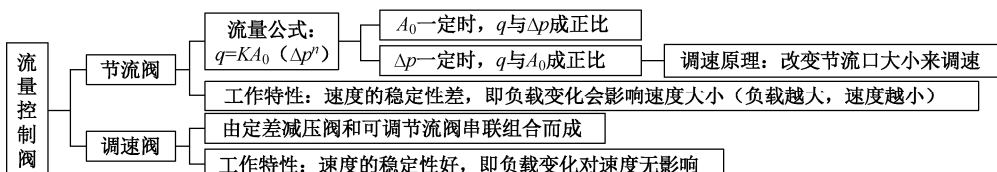
#### 1. 方向控制阀



#### 2. 压力控制阀



#### 3. 流量控制阀





## 复习指导

## 1. 常见控制阀符号。

普通单向阀	液控单向阀	手动换向阀	行程换向阀
电磁换向阀	液控换向阀	电液动换向阀	溢流阀
减压阀	直动顺序阀	液控顺序阀	节流阀
调速阀	单向节流阀	分流阀	

## 2. 电液动换向阀由电磁换向阀和液控换向阀组合而成。液控换向阀为主阀(接在主油路)。

电磁换向阀为先导阀(接在控制油路),用于控制液控阀阀芯的位置。如图2-3-1所示为电液动换向阀的详细符号。电液动换向阀中的节流阀开口大小可以调节,其作用是控制主阀阀芯的移动速度,保证主阀换向的平稳性。

3. 电磁换向阀阀芯的移动是由电磁铁驱动的,由于电磁铁的驱动力较小,故不能用于大流量系统。而液动换向阀、电液动换向阀可用于大流量系统。

4. 三位换向阀有左、中、右三个工作位置。左、右两个工作位置是使执行元件获得不同的运动方向。三位阀在中间位置时油口连接关系称为滑阀机能。

5. 溢流阀分为直动型和先导型两种。直动型溢流阀的弹簧刚度较大,流量的变化会引起压力波动,稳压性能较差,用于低压系统。先导型溢流阀

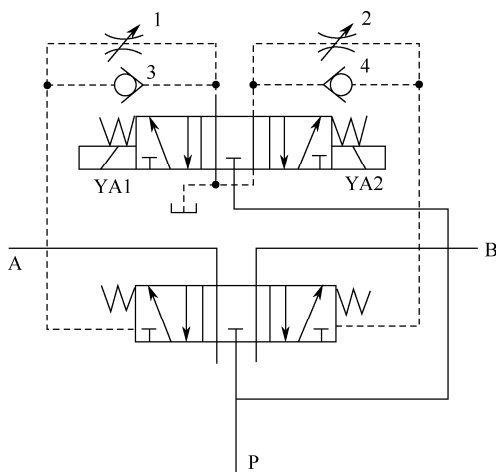


图 2-3-1



的稳压性能较好，用于中、高压系统。

6. 先导型溢流阀由主阀和先导阀两部分组成。先导阀用于控制压力，主阀用于控制流量。

7. 先导型溢流阀设有远程控制口 K。当 K 口与远程调压阀接通，可以实现远程调压。当 K 口与油箱连通时，可实现卸荷。需注意的是，远程所调的压力应小于先导式溢流阀的调定压力，卸荷时油路为：泵→溢流阀（主阀）→油箱。

8. 要降低整个系统的压力，可通过溢流阀调整；要降低系统某一支油路的压力，可通过减压阀调整。

9. 节流阀调速时，负载变化会引起节流阀两端的压力差变化，从而引起流量发生变化，故用节流阀调速时，速度的稳定性差。

调速阀是由一个定差减压阀和一个可调节流阀串联组合而成的。定差减压阀用来保证可调节流阀前后的压力差不受负载变化的影响，从而使通过节流阀的流量保持稳定。因此使用调速阀调速，速度的稳定性好。需注意的是，安装时，调速阀不能反接。



### 典题探析



#### 例 2-3-1

根据图 2-3-2 所示回路，分析：

- (1) 溢流阀 1 的作用是\_\_\_\_\_。溢流阀 2 的作用是\_\_\_\_\_。溢流阀 3 的作用是\_\_\_\_\_。节流阀 5 的作用是\_\_\_\_\_。换向阀 4 的作用是\_\_\_\_\_。
- (2) 元件 1 是由\_\_\_\_\_阀和\_\_\_\_\_阀组合而成的。其中，用于控制压力的是\_\_\_\_\_阀，用于控制流量的是\_\_\_\_\_阀。
- (3) 判断  $p_1$  与  $p_2$  的大小关系： $p_1$ \_\_\_\_\_ $p_2$ 。
- (4) 当左电磁铁得电时，系统压力为\_\_\_\_\_。当右电磁铁得电时，系统压力为\_\_\_\_\_。当电磁铁均断电时，系统压力为\_\_\_\_\_。
- (5) 当右电磁铁得电时，油路为：泵→\_\_\_\_\_。
- (6) 图示位置状态下，当液压缸上的负载增大时，液压泵的输出压力将\_\_\_\_\_，节流阀 5 两端的压力差将\_\_\_\_\_，液压缸的速度将\_\_\_\_\_。

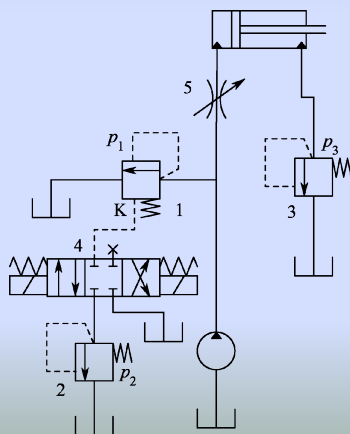


图 2-3-2



## 思路分析

分析回路的关键是要熟悉各种液压元件的功能及特点。

**解**

- (1) 溢流稳压作用(调压作用) 远程调压 产生背压 调速 实现系统两种不同压力及卸荷
- (2) 主 先导 主 先导
- (3)  $>$
- (4)  $p_2 = 0 < p_1$
- (5)  $1 \rightarrow$ 油箱
- (6) 不变 变小 变小



## 课后巩固

### (一) 判断题

1. 顺序阀与溢流阀的符号一样,两种可以通用。 ( )
2. 家用的普通水龙头实际上就是一种流量阀。 ( )
3. 节流阀调速时,速度的稳定性比调速阀好。 ( )
4. 普通单向阀只允许油液单向流动。 ( )
5. 液控单向阀的控制油口 K 通控制压力油时,油液可以实现双向流动。 ( )
6. 电磁换向阀是通过电磁铁的吸引力来操纵阀芯移动的。 ( )
7. 电液动换向阀为电磁换向阀和液动换向阀的组合,其中为液动换向阀先导阀,电磁换向阀为主阀。 ( )
8. 调速阀是由一个定差减压阀和一个可调节流阀并联组合而成的。 ( )
9. 当顺序阀打开时,其进口压力就是其调定值。 ( )
10. 减压阀阀芯移动的控制信号来自进油口压力,阀口为常开式。 ( )
11. 溢流阀阀口打开时,其进口压力恒定,减压阀工作时,其出口压力恒定。 ( )
12. 顺序阀打开后,进口压力可随出口压力的升高而继续升高。 ( )
13. 直动型溢流阀用于低压系统,先导型溢流阀用于中、高压系统。 ( )
14. 直动型溢流阀设有远程控制口 K,可以实现远程调压或卸荷。 ( )
15. 起限压保护作用的溢流阀在正常载荷下阀口关闭。 ( )

### (二) 选择题

1. 一水平放置的双杆液压缸,采用三位四通电磁换向阀换向。要求阀处于中位时,液压泵卸荷,液压缸浮动。其中位机能应选用 ( )。  
A. O 型                      B. M 型                      C. Y 型                      D. H 型
2. 调速阀是组合阀,其组成是 ( )。  
A. 可调节流阀与单向阀并联                      B. 可调节流阀与单向阀串联



- C. 定差减压阀与可调节流阀并联  
D. 定差减压阀与可调节流阀串联
3. 下列关于减压阀的描述, 错误的是 ( )。
- A. 出口油液的最大压力值为其调定值  
B. 控制阀芯移动的信号来自进油口  
C. 阀口为常开式  
D. 出口压力低于调定值时, 进、出口压力相等
4. 不能用作背压阀的是 ( )。
- A. 溢流阀                      B. 单向阀                      C. 节流阀                      D. 换向阀
5. 下列不属于压力控制元件的是 ( )。
- A. 溢流阀                      B. 减压阀                      C. 顺序阀                      D. 压力继电器
6. 一水平放置的双杆液压缸, 采用三位四通电磁换向阀换向。要求阀处于中位时, 液压泵卸荷, 液压缸锁紧。其中位机能应选用 ( )。
- A. O 型                          B. M 型                          C. Y 型                          D. H 型
7. 以下属于流量控制阀的是 ( )。
- A. 溢流阀                      B. 调速阀                      C. 减压阀                      D. 单向阀
8. 以下关于顺序阀的描述, 错误的是 ( )。
- A. 顺序阀的出口通另一油路  
B. 顺序阀打开后进油压力不可以继续升高  
C. 顺序阀需开设单独的泄油口  
D. 阀芯移动的控制信号来自进油口
9. 流量控制阀用于控制和调节液压执行元件的 ( )。
- A. 运动方向                      B. 运动速度                      C. 压力大小
10. 要降低液压系统的压力, 可采用 ( ) 阀。
- A. 溢流阀                      B. 调速阀                      C. 减压阀                      D. 顺序阀

### (三) 填空题

1. 普通单向阀只允许油液\_\_\_\_\_流动, \_\_\_\_\_ (能、不能) 反向流动。
2. 普通单向阀换装\_\_\_\_\_弹簧后可作背压阀使用。
3. 行程换向阀要安装在\_\_\_\_\_附近, 其阀芯的移动通过\_\_\_\_\_压下而实现的。
4. 电磁换向阀\_\_\_\_\_ (能、不能) 用于大流量系统, 液动换向阀\_\_\_\_\_ (能、不能) 用于大流量系统, 电液动换向阀\_\_\_\_\_ (能、不能) 用于大流量系统。电磁换向阀的阀芯移动是由\_\_\_\_\_驱动的, 液动换向阀的阀芯移动是由\_\_\_\_\_驱动的。
5. 电液动换向阀中, \_\_\_\_\_换向阀为主阀, \_\_\_\_\_换向阀为先导阀。
6. 电液动换向阀中的节流阀开口大小可以调节, 其作用是控制\_\_\_\_\_阀芯的移动速度, 保证主阀换向的\_\_\_\_\_。
7. 三位阀在中间位置时\_\_\_\_\_关系称为滑阀机能。
8. O 型: 液压缸\_\_\_\_\_, 液压泵\_\_\_\_\_; 换向精度\_\_\_\_\_, 但换向平稳性\_\_\_\_\_。
9. H 型: 液压缸中活塞\_\_\_\_\_, 液压泵\_\_\_\_\_; 换向平稳性\_\_\_\_\_, 但换向精度\_\_\_\_\_。



10. Y 型: 液压缸中活塞\_\_\_\_\_, 液压泵\_\_\_\_\_, 换向平稳性\_\_\_\_\_, 但换向精度\_\_\_\_\_。
11. P 型: 液压缸可实现\_\_\_\_\_, 液压泵\_\_\_\_\_, 换向平稳性\_\_\_\_\_, 但换向精度\_\_\_\_\_。
12. M 型: 液压缸\_\_\_\_\_, 液压泵\_\_\_\_\_, 换向精度\_\_\_\_\_, 但换向平稳性\_\_\_\_\_。
13. 压力控制阀利用油液的\_\_\_\_\_力与\_\_\_\_\_力相平衡的原理来进行工作。
14. 溢流阀常态下, 阀口\_\_\_\_\_; 当进口压力达到\_\_\_\_\_值时, 阀口\_\_\_\_\_; 溢流阀开启后, 其进口压力保持\_\_\_\_\_, 其数值为溢流阀的\_\_\_\_\_; 阀芯移动的控制信号来自\_\_\_\_\_压力; 内部泄漏通过\_\_\_\_\_排出。
15. 先导型溢流阀设有远程控制口 K, 可以实现\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_。
16. 先导型溢流阀的远程控制口 K 接油箱时, 可实现系统\_\_\_\_\_, 远程控制口 K 接远程调压阀时, 可实现\_\_\_\_\_。
17. 直动型溢流阀用于\_\_\_\_\_系统; 先导型溢流阀用于\_\_\_\_\_系统。
18. 溢流阀的应用有(1)\_\_\_\_\_作用; (2)\_\_\_\_\_作用; (3)\_\_\_\_\_作用; (4)\_\_\_\_\_作用; (5)作\_\_\_\_\_阀用。
19. 要降低整个系统的压力, 可通过\_\_\_\_\_阀调整; 要降低系统某一支油路的压力, 可通过\_\_\_\_\_阀调整。
20. 减压阀常态下, 阀口为\_\_\_\_\_状态; 当出口压力低于调定压力时, 进、出口压力\_\_\_\_\_ (压力值取决于\_\_\_\_\_); 当出口压力达到减压阀调定值时, 出口压力\_\_\_\_\_ (等于\_\_\_\_\_)。
21. 减压阀的阀芯移动的控制信号来自\_\_\_\_\_压力, 内部泄漏通过单独的\_\_\_\_\_口排出。
22. 直动型顺序阀常态下, 阀口\_\_\_\_\_; 当进口压力达到\_\_\_\_\_值时阀口开启, 阀芯移动的控制信号来自\_\_\_\_\_压力; 阀口开启后, 出口压力取决于\_\_\_\_\_, 进口压力可随\_\_\_\_\_压力的升高而继续升高。顺序阀的内部泄漏通过单独的\_\_\_\_\_口排出。
23. 液控顺序阀常态下, 阀口\_\_\_\_\_; 当控制口压力达到\_\_\_\_\_值时阀口开启, 阀芯移动的控制信号来自\_\_\_\_\_压力; 阀口开启后, 出口压力取决于\_\_\_\_\_。其内部泄漏通过单独的\_\_\_\_\_口排出。
24. 最基本的流量阀是\_\_\_\_\_。
25. 用节流阀调速时, 负载变化\_\_\_\_\_ (会、不会) 引起流量的变化, 故用节流阀调速时, 速度的稳定性\_\_\_\_\_。
26. 为改善液压缸的速度稳定性, 用\_\_\_\_\_阀代替节流阀。
27. 调速阀是由一个\_\_\_\_\_阀和一个\_\_\_\_\_阀\_\_\_\_\_联组合而成。
28. 安装时, 调速阀\_\_\_\_\_ (能、不能) 反接。

#### (四) 分析计算题

1. 如图 2-3-3 所示回路, 活塞面积为  $0.01\text{m}^2$ , 减压阀调定压力为  $2.0\text{MPa}$ , 溢流阀调定压



力为 5MPa，泵的流量为 10L/min。试分析下列情况下的 A、B 点压力和液压缸的运动速度。

$F$	$p_A$	$p_B$	$v$
0			
10kN			
25kN			
$\infty$			

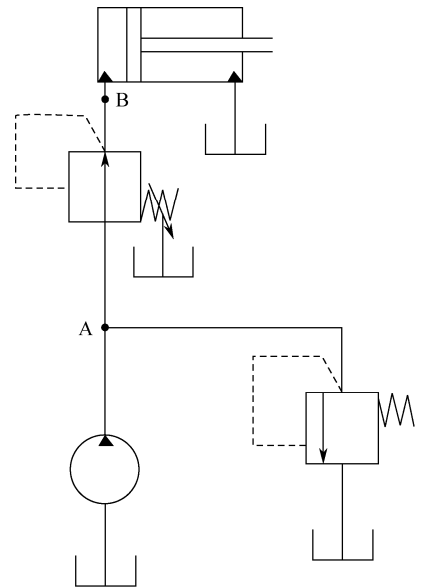


图 2-3-3

2. 如图 2-3-4 所示回路，活塞面积为  $0.01\text{m}^2$ ，顺序阀调定压力为 2MPa，溢流阀调定压力为 4MPa，泵的流量为 15L/min。试分析下列情况下的 A、B 点压力和液压缸的运动速度。

$F$	$p_A$	$p_B$	$v$
0			
10kN			
30kN			
60kN			
$\infty$			

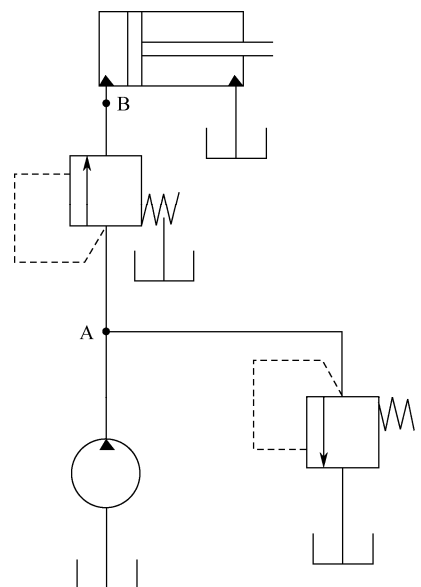


图 2-3-4



3. 在图 2-3-5 中, 液压泵启动后, \_\_\_\_\_ 缸先动作。当该缸运动到行程 \_\_\_\_\_ 后, 系统压力 \_\_\_\_\_, 顺序阀阀口 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 缸接着动作。当后动作缸运动到行程 \_\_\_\_\_ 后, 系统压力继续 \_\_\_\_\_, 达到溢流阀压力 \_\_\_\_\_ 值时, 溢流阀开启。故溢流阀起 \_\_\_\_\_ 作用。为保证顺序动作的可靠性, 顺序阀的调定压力应大于 \_\_\_\_\_ 压力, 且小于 \_\_\_\_\_ 压力。

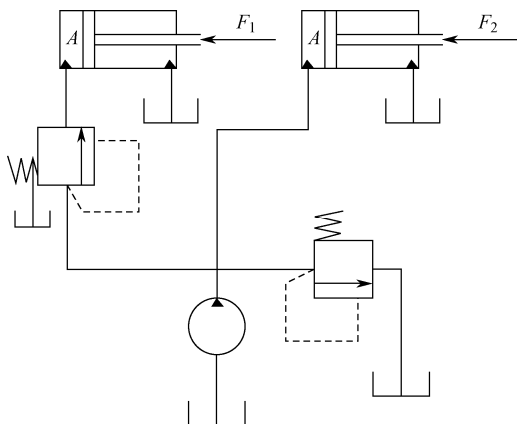
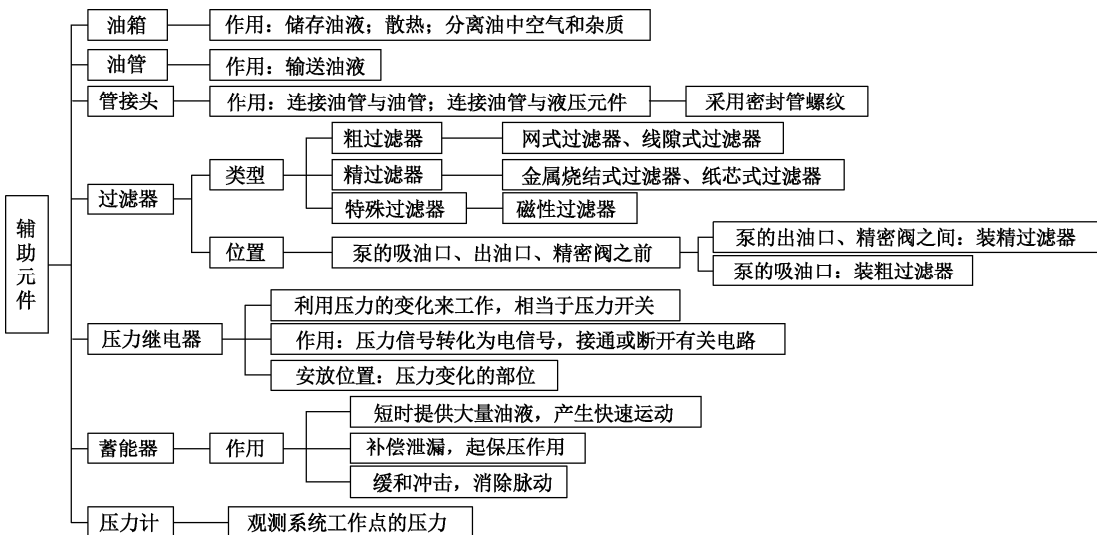


图 2-3-5

## 专题四 液压辅件



### 知识提要





## 复习指导

## 1. 常见液压辅件符号。

油 箱	过 滤 器	压力继电器	压 力 计	蓄 能 器

2. 过滤器过滤时，特别是精过滤器容易阻塞，在回路中，常在精过滤器旁并联一个顺序阀或溢流阀，这样可防止因精过滤器阻塞而引起液压系统压力过载。

3. 压力继电器是一种常见的液压辅件，在回路中，其常见作用是发出换向或顺序动作的电信号。其安装位置一般在液压缸附近（压力能明显发生变化的位置）。



## 典题探析



## 例 2-4-1

根据图 2-4-1 所示回路，压力继电器的作用是发出快退的电信号。试分析：

(1) 其工作过程为：按下启动按钮，电磁铁\_\_\_\_\_电，换向阀接\_\_\_\_\_位，液压缸\_\_\_\_\_移。当液压缸运动到终点时（负载为无穷大），液压缸无杆腔压力\_\_\_\_\_，达到压力继电器的\_\_\_\_\_时，其动作，发出\_\_\_\_\_信号，使电磁铁\_\_\_\_\_电，换向阀接\_\_\_\_\_位，液压缸\_\_\_\_\_移。

(2) 压力继电器\_\_\_\_\_（能、不能）接在泵的出口，\_\_\_\_\_（能、不能）接在液压缸有杆腔附近。

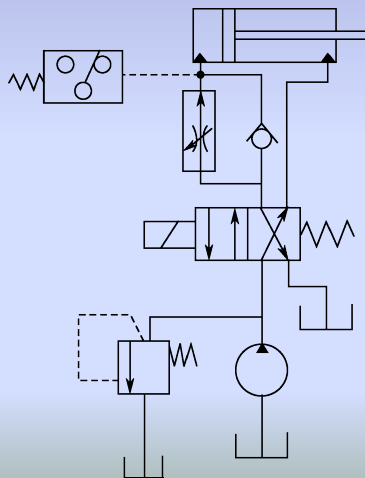


图 2-4-1



### 思路分析

压力继电器是利用压力的变化来进行工作的,其通常安装于液压缸附近。当液压缸运动行程终点时,压力发生变化,使压力继电器动作,发出电信号。

「解」

(1) 得 左 右 增大 调定值 电 断 右 左

(2) 不能 不能



#### 例 2-4-2

如图 2-4-2 所示回路,其动作顺序为:1→2→3→4。试分析其工作过程。

(1) 按下启动按钮,\_\_\_\_\_得电,实现动作 1;动作 1 结束后,左缸无杆腔压力\_\_\_\_\_,DP1 发出电信号,使\_\_\_\_\_得电,实现动作 2;动作 2 结束后,右缸无杆腔压力\_\_\_\_\_,DP2 发出电信号,使\_\_\_\_\_断电,实现动作 3;动作 3 结束后,右缸有杆腔压力\_\_\_\_\_,DP3 发出电信号,使\_\_\_\_\_断电,实现动作 4。

(2) 填写元件动作表:

	1YA	2YA	DP1	DP2	DP3
动作 1					
动作 2					
动作 3					
动作 4					

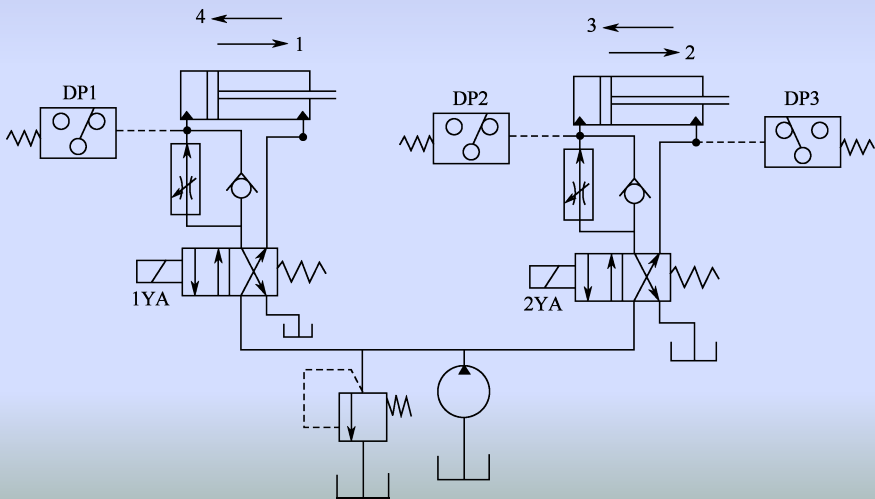


图 2-4-2

### 思路分析

压力继电器是利用压力的变化来进行工作的,其通常安装于液压缸附近。当液压缸运动行程终点时,压力发生变化,使压力继电器动作,发出下一动作的电信号。





解

(1) 1YA 升高 2YA 升高 2YA 升高 1YA

(2) 填写元件动作表:

	1YA	2YA	DP1	DP2	DP3
动作 1	+	—	—	—	—
动作 2	+	+	+	—	—
动作 3	+	—	—	+	—
动作 4	—	—	—	—	+



## 课后巩固

## (一) 判断题

1. 油箱的功用是储油、散热、分离油液中的气体和沉淀油液中的杂质等。 ( )
2. 橡胶软管一般用于运动部件的连接。 ( )
3. 管接头中的螺纹一般为普通细牙螺纹。 ( )
4. 网式过滤器、纸芯式过滤器属于粗过滤器，线隙式过滤器、烧结式过滤器属于精过滤器。 ( )
5. 过滤器一般安装在液压泵的吸油口、压油口及重要元件的前面。通常，液压泵的吸油口、压油口安装粗过滤器，重要元件前安装精过滤器。 ( )
6. 压力继电器是用来将液压信号转换为电信号的辅助元器件。 ( )
7. 压力继电器是利用液压系统的压力变化来发出电信号。 ( )
8. 压力计用于控制液压系统中各工作点的油液压力。 ( )
9. 蓄能器可以将液压系统中的压力油储存起来，在需要时又重新放出。 ( )

## (二) 填空题

1. 油箱的功用是储存\_\_\_\_\_，散发油液中的\_\_\_\_\_，分离油液中的\_\_\_\_\_和沉淀油液中的\_\_\_\_\_等。
2. 油管的功用是\_\_\_\_\_，其中，橡胶软管一般用于\_\_\_\_\_部件的连接。
3. 过滤器的功用是\_\_\_\_\_油液中的杂质和灰尘，其中，\_\_\_\_\_过滤器、\_\_\_\_\_过滤器属于粗过滤器，\_\_\_\_\_过滤器、\_\_\_\_\_过滤器属于精过滤器。
4. 磁性过滤器主要用于过滤油液中的\_\_\_\_\_杂质。
5. 液压泵的吸油口，通常安装\_\_\_\_\_过滤器；液压泵的压油口和重要元件前，通常安装\_\_\_\_\_过滤器。
6. 过滤器过滤时，特别是精过滤器容易阻塞，为防止因精过滤器阻塞而引起液压系统压力过载，常在精过滤器旁\_\_\_\_\_联\_\_\_\_\_阀。
7. 压力继电器可将\_\_\_\_\_信号转换为\_\_\_\_\_信号，从而自动接通或断开有关\_\_\_\_\_，实现自动控制和安全保护功能。由于压力继电器是利用\_\_\_\_\_进行工作的，故压力继电器必须安放在系统压力能够\_\_\_\_\_的位置。
8. 压力计是用来\_\_\_\_\_液压系统中各工作点的油液压力。



9. 蓄能器的具体应用有:(1)短时供油,产生\_\_\_\_\_运动。(2)补偿\_\_\_\_\_,起\_\_\_\_\_作用。(3)缓和压力\_\_\_\_\_,吸收压力\_\_\_\_\_。(4)储备\_\_\_\_\_,作\_\_\_\_\_能源。

### (三) 综合题

根据如图 2-4-3 所示回路,压力继电器的作用是发出快退的电信号。试分析:

(1) 其工作过程为:按下启动按钮,电磁铁\_\_\_\_\_电,换向阀接\_\_\_\_\_位,液压缸\_\_\_\_\_移。当液压缸运动到终点时(负载为无穷大),液压缸有杆腔压力\_\_\_\_\_,压力继电器动作,发出\_\_\_\_\_信号,使电磁铁\_\_\_\_\_电,换向阀接\_\_\_\_\_位,液压缸\_\_\_\_\_移。

(2) 压力继电器\_\_\_\_\_ (能、不能)接在泵的出口。

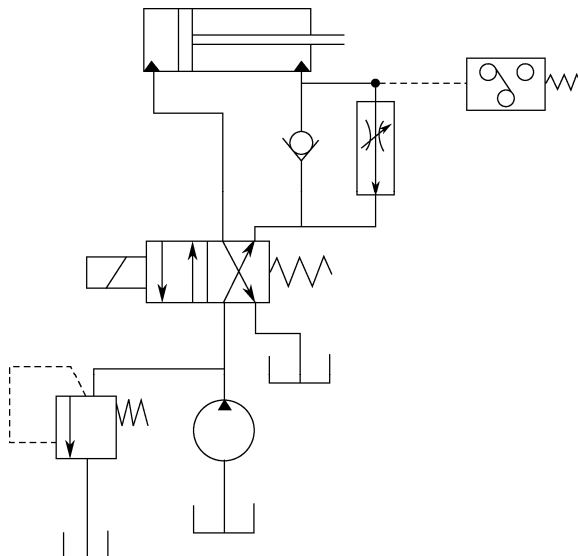


图 2-4-3

# 模块三

3

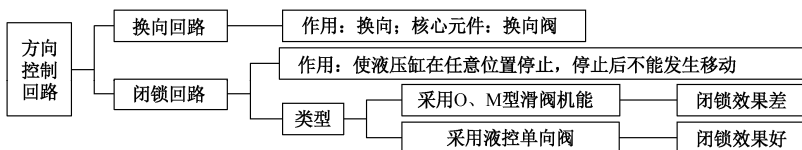
## 液压基本回路及系统

### 考点分析

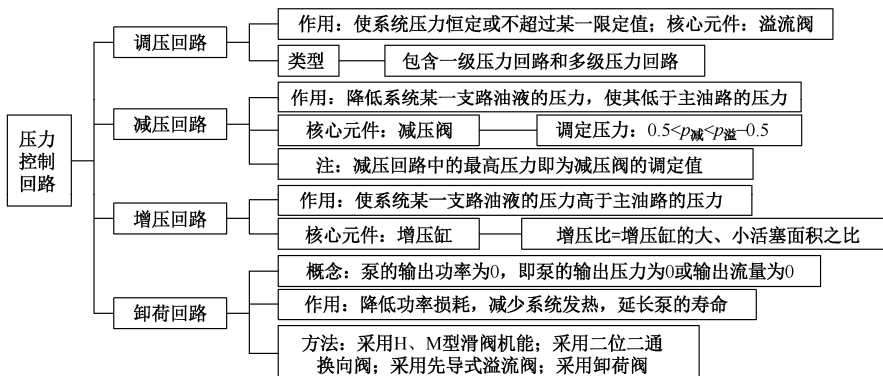
常 考 点	选 考 点	对应的考纲要求	备 注
1. 液压基本回路的类型分析 2. 液压元件在回路中的作用 3. 典型液压传动系统的分析	1. 液压基本回路的应用范围 2. 液压基本回路的组成形式	1. 理解液压基本回路的工作原理及特点 2. 熟悉液压基本回路的功用和应用范围 3. 弄清回路的组成形式及液压元件在回路中的作用 4. 能分析典型液压传动系统	综合题中考核较多

### 知识提要

#### 1. 方向控制回路



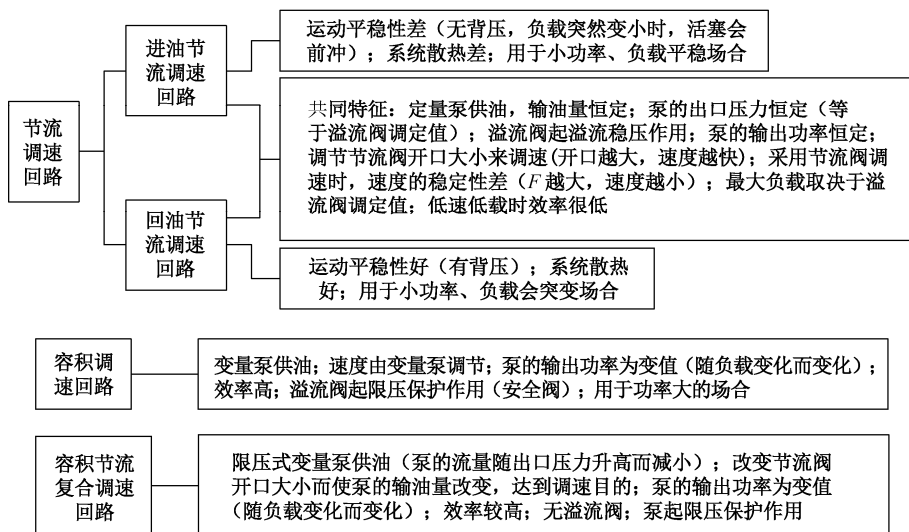
#### 2. 压力控制回路



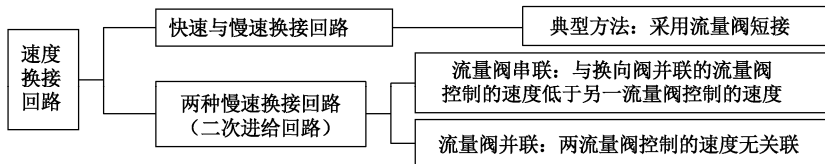


### 3. 速度控制回路

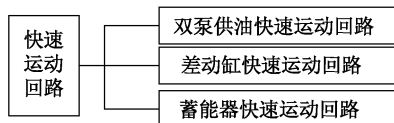
#### (1) 调速回路。



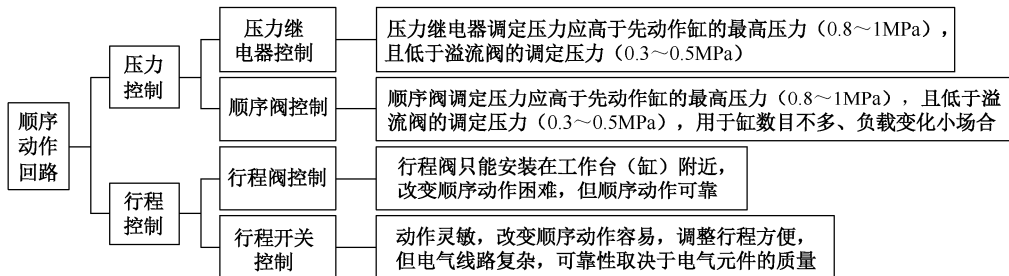
#### (2) 速度换接回路。



#### (3) 快速运动回路。



### 4. 顺序动作回路



### 复习指导

1. 调压回路的核心元件是溢流阀, 并且溢流阀并联在液压泵的出口附近。若在回油路中安装溢流阀, 则起背压阀作用。
2. 利用先导式溢流阀进行远程调压时, 远程调定压力应低于先导式溢流阀的调定压力。
3. 卸荷回路是指液压泵的输出功率为零, 其分为压力卸荷(泵的输出压力为零)和流量

卸荷（泵的输出流量为零）两类。

4. 采用二位三通换向阀的卸荷回路中，二位三通换向阀的流量规格应大于液压泵的最大流量。

5. 采用先导式溢流阀的卸荷回路中，其卸荷油路为：泵→溢流阀→油箱。

6. 节流调速回路中，溢流阀开启是由于流量阀的开口很小，液阻很大造成，而非液压缸的负载造成。因此，溢流阀起溢流稳压作用。

7. 节流调速回路的效率低，主要原因是存在溢流损耗和压力损耗。

8. 节流调速回路中，节流阀的流量特性公式为：

$$q_{\text{节}} = K A_0 (\Delta p)^n$$

由公式可以看出，当  $K$ 、 $n$  一定时，节流阀的流量与节流阀的开口大小和两端压力差成正比，即节流阀的开口越大、两端压力差越大，则流过节流阀的流量越大。

当液压缸中的负载发生变化时，会引起节流阀两端压力差发生变化（负载增大，压力差减小），从而使节流阀的流量发生改变。故用节流阀调速，速度的稳定性差。为此，可采用调速阀代替节流阀。

9. 容积节流复合调速回路没有使用溢流阀，由液压泵自身起限压保护作用。节流调速回路和容积调速回路中都采用了溢流阀，但作用不同。在节流调速回路中，溢流阀起溢流稳压作用。在容积调速回路中，溢流阀起限压保护作用。

10. 在填写液压系统动作表时，需注意：

（1）压力继电器、位置开关信号所针对的动作为“+”，其余为“-”。若存在停留，则压力继电器在停留时为“+”，其余为“-”。

（2）行程阀回程为“+/-”。

（3）若电磁铁的得、断电对动作均为影响，则一律为“-”。

11. 在分析液压系统的各动作的进油路和回油路时，进油路：泵→缸；回油路：缸→油箱（快进时若采用差动连接，则回油路为“有杆腔→无杆腔”）。



### 典题探析



#### 例 3-1-1

如图 3-1-1 所示回路中，液压泵的额定压力为 2.5MPa，额定流量为 8L/min，液压缸无杆腔的有效作用面积为 100cm<sup>2</sup>，有杆腔的有效作用面积为 50cm<sup>2</sup>，液压缸的工进速度为 0.4m/min，溢流阀的调定压力为 2MPa，工进时节流阀两端的压力差为 1MPa，试求：

（1）液压缸快进速度  $v_{\text{快}}$

（2）工进时节流阀的流量  $q_{\text{节}}$ 、溢流阀的流量  $q_{\text{溢}}$ 、液压缸上的负载  $F$ 、液压泵的额定功率  $P_{\text{泵额}}$ 、液压泵的实际功率  $P_{\text{泵实}}$ 。

（3）若液压泵的效率为 0.8，求驱动液压泵的电机的匹配功率  $P_{\text{电匹}}$ 。

（4）该回路中包含哪些基本回路？

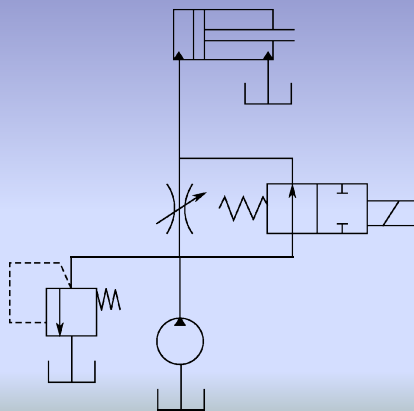


图 3-1-1



## 思路分析

计算的关键是找出相关油路,并根据油路的特点进行计算。快进时泵的输出油液通过换向阀的左位流入液压缸,溢流阀起限压保护作用。工进时泵的输出油液通过节流阀流入液压缸,采用的油路为进油节流调速回路。

解

$$(1) v_{\text{快}} = \frac{q_{v\text{泵}}}{A_1} = \frac{8 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-2}} = 0.8 \text{ m/min}$$

$$(2) q_{v\text{节}} = v_{\text{工}} \times A_1 = 0.4 \times 1 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min} = 4 \text{ L/min}$$

$$q_{v\text{溢}} = q_{v\text{泵}} - q_{v\text{节}} = 8 - 4 = 4 \text{ L/min}$$

$$p_{\text{缸}} = p_{\text{溢}} - \Delta p = 2 - 1 = 1 \text{ MPa}$$

$$F = p_{\text{缸}} A_1 = 1 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-2} = 10 \text{ kN}$$

$$P_{\text{泵额}} = p_{\text{泵额}} \times q_{v\text{泵额}} = 2.5 \times 10^6 \times 8 \times 10^{-3} / 60 = 333.33 \text{ kW}$$

$$P_{\text{泵实}} = p_{\text{泵实}} \times q_{v\text{泵实}} = 2 \times 10^6 \times 8 \times 10^{-3} / 60 = 266.67 \text{ kW}$$

$$(3) P_{\text{电匹}} = \frac{P_{\text{泵额}}}{\eta} = \frac{333.33}{0.8} = 416.67 \text{ kW}$$

(4) 该回路中包含调压回路、进油节流调速回路、速度换接回路。



## 课后巩固

### (一) 判断题

1. 所有换向阀都可以实现液压缸的换向。 ( )
2. 含有换向阀的液压回路就是换向回路。 ( )
3. 含有溢流阀的回路就是调压回路。 ( )
4. 闭锁回路能使执行元件在任意位置上停留。 ( )
5. 采用滑阀机能为 O 型或 M 型的换向阀的闭锁回路和采用液控单向阀的闭锁回路中,采用液控单向阀的闭锁回路的锁紧效果较好。 ( )
6. 要降低系统某一支路油液的压力,可采用溢流阀。 ( )
7. 调压回路的核心元件是溢流阀。 ( )
8. 在减压回路中,减压阀的调定压力应低于溢流阀的调定压力。 ( )
9. 增压缸的增压比就是大、小活塞的直径之比。 ( )
10. 通过换向阀的 H 型、Y 型、M 型中位机能可以实现泵的卸荷。 ( )
11. 卸荷回路可以减少系统功率损失和油液发热,延长泵和电机的使用寿命。 ( )
12. 节流调速回路采用定量泵供油,溢流阀并联于液压泵的出油口管路上,起安全保护作用。 ( )
13. 采用调速阀的节流调速回路,速度稳定性好。 ( )
14. 与进油节流调速回路相比,回油节流调速回路的运动的平稳性好,能承受一定的负载,但经节流阀而发热油液不容易散热。 ( )





15. 为提高进油节流调速回路的运动平稳性,可在回油路上串接溢流阀或换装硬弹簧的单向阀。( )
16. 节流调速回路中,液压泵的输出压力、输出流量和输出功率为定值。( )
17. 采用节流阀的节流调速回路,负载发生变化时,活塞运动速度也随之变化。( )
18. 节流调速回路的效率较高,适用于功率较大的液压系统中。( )
19. 节流调速回路中,活塞运动速度与节流口通流面积成正比。( )
20. 进油节流调速回路广泛应用于功率不大、负载变化较大或运动平稳性要求较高的液压系统中。( )
21. 含有节流阀的回路就是节流调速回路。( )
22. 容积调速回路中溢流阀起安全保护作用。( )
23. 与节流调速相比较,容积调速回路具有压力损耗和流量损耗小的优点,适用于功率较大的液压系统中。( )
24. 容积节流复合调速回路采用变量液压泵和流量阀相配合的方式进行调速。( )
25. 容积节流复合调速回路中,泵的出口压力越大,则泵的输油量越大。( )
26. 采用顺序阀控制的顺序动作回路适用于液压缸数目较多、负载变化不大的液压系统。( )
27. 采用压力继电器控制的顺序动作回路中,压力继电器的调定压力应小于先动作缸的最高工作压力  $0.3\sim 0.5\text{MPa}$ 。( )
28. 采用位置开关控制的顺序动作回路改变动作顺序、调节行程方便,其可靠性取决于电气元件的质量。( )
29. 采用压力继电器控制的顺序动作回路,压力继电器的调定压力应大于溢流阀的调定压力。( )

## (二) 选择题

1. 以下属于方向控制回路的是 ( )。
- A. 换向回路和卸荷回路      B. 换向回路和锁紧回路  
C. 锁紧回路和调压回路      D. 锁紧回路和卸荷回路
2. 以下不属于速度控制回路的是 ( )。
- A. 回油节流调速回路      B. 快速与慢速的换接回路  
C. 卸荷回路      D. 容积调速回路
3. 与进油节流调速回路相比,回油节流调速回路的优点是 ( )。
- A. 运动平稳性好      B. 速度稳定性好      C. 效率高      D. 运动速度快
4. 减压回路的核心元件是 ( )。
- A. 溢流阀      B. 减压阀      C. 换向阀      D. 节流阀
5. 要使执行元件能在任意位置上停留,可采用 ( )。
- A. 换向回路      B. 锁紧回路      C. 调速回路      D. 调压回路
6. 效率高的调速回路是 ( )。
- A. 进油节流调速回路      B. 回油节流调速回路  
C. 容积调速回路      D. 容积节流复合调速回路



7. 采用压力继电器控制的顺序动作回路, 为保证顺序动作的可靠性, 压力继电器的调定压力应( )。

- A. 大于先动作缸的最高工作压力  $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$
- B. 大于溢流阀的最高工作压力  $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$
- C. 小于先动作缸的最高工作压力  $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$
- D. 无要求

### (三) 填空题

1. 液压基本回路的类型包括\_\_\_\_\_回路、\_\_\_\_\_回路、\_\_\_\_\_回路、\_\_\_\_\_回路四大类。

2. 方向控制回路用于控制\_\_\_\_\_元件的启动、停止以及运动方向, 其类型包括\_\_\_\_\_回路和\_\_\_\_\_回路。

3. 换向回路用于控制\_\_\_\_\_元件的运动方向, 其核心元件为\_\_\_\_\_。

4. 闭锁回路可使\_\_\_\_\_元件能在任意位置上\_\_\_\_\_以及在停止工作时防止因受外力作用而\_\_\_\_\_。闭锁回路的常见类型有: 采用滑阀机能\_\_\_\_\_型或\_\_\_\_\_型的换向阀组成的闭锁回路; 采用\_\_\_\_\_阀的闭锁回路。两者相比, 前者闭锁效果较\_\_\_\_\_, 后者闭锁效果较\_\_\_\_\_。

5. 压力控制回路的类型有\_\_\_\_\_回路、\_\_\_\_\_回路、\_\_\_\_\_回路、\_\_\_\_\_回路。

6. 调压回路的功用是使液压系统的压力\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_。其核心元件是\_\_\_\_\_阀, 该阀常\_\_\_\_\_联在泵的出口。

7. 减压回路的功用是使系统中某个执行元件或某条支路所需的工作压力\_\_\_\_\_主系统的压力, 其核心元件是\_\_\_\_\_阀。

8. 增压回路的功用是用来使局部油路或个别执行元件得到比主系统油压\_\_\_\_\_的压力, 其常用核心元件是\_\_\_\_\_。

9. 增压缸中, 增压比等于\_\_\_\_\_之比。

10. 卸荷回路的功用是液压缸停止工作时, 使泵在接近\_\_\_\_\_压力(或\_\_\_\_\_流量)的情况下运转, 从而输出功率为\_\_\_\_\_。目的是减少\_\_\_\_\_损失和系统\_\_\_\_\_, 延长泵和电机的\_\_\_\_\_。

11. 采用二位二通换向阀的卸荷回路中, 二位二通换向阀的流量规格应\_\_\_\_\_液压泵的最大流量。

12. 进油、回油节流调速回路的共同特点是:

(1) \_\_\_\_\_泵供油, 溢流阀\_\_\_\_\_联于液压泵的\_\_\_\_\_管路上, 处于\_\_\_\_\_状态, 起\_\_\_\_\_作用。

(2) 液压泵的\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_为定值。

(3) 调节节流阀的\_\_\_\_\_面积, 即可改变通过节流阀的流量, 从而调节液压缸的\_\_\_\_\_。

(4) 负载的变化会造成节流阀两端的\_\_\_\_\_的变化, 故速度稳定性\_\_\_\_\_ (改进措施: 用\_\_\_\_\_阀代替节流阀)

(5) 系统效率\_\_\_\_\_。

13. 容积调速回路采用\_\_\_\_\_泵供油; 溢流阀\_\_\_\_\_联在泵的出口, 起\_\_\_\_\_作用。其调速原理是直接改变\_\_\_\_\_的流量来调节液压缸的速度。该回路正常工作时, 溢流阀



阀口\_\_\_\_，过载时\_\_\_\_，起\_\_\_\_作用。压力损耗和流量损耗\_\_\_\_，因而回路发热量\_\_\_\_，效率\_\_\_\_。泵的出口压力、输出功率取决于\_\_\_\_，并随\_\_\_\_变化而变化。该回路常用于功率较\_\_\_\_的液压系统。

14. 容积节流复合调速回路由\_\_\_\_泵和\_\_\_\_阀组成，泵的流量随压力升高而自动\_\_\_\_。该回路\_\_\_\_（有、无）流量损失，效率较\_\_\_\_，发热量较\_\_\_\_。过载时，由\_\_\_\_起限压保护作用。

15. 顺序动作回路是指控制液压系统中\_\_\_\_个执行元件动作\_\_\_\_的回路。其控制方式有\_\_\_\_控制、\_\_\_\_控制、\_\_\_\_控制三种。

16. 压力控制的顺序动作回路有采用\_\_\_\_控制的顺序动作回路和采用\_\_\_\_控制的顺序动作回路两种。

17. 行程控制的顺序动作回路有采用\_\_\_\_控制的顺序动作回路和采用\_\_\_\_控制的顺序动作回路两种。

18. 采用行程阀控制的顺序动作回路中，行程阀只能安装在\_\_\_\_附近，且改变动作顺序较\_\_\_\_。

19. 采用位置开关控制的顺序动作回路中，改变\_\_\_\_就能方便地改变动作顺序。但电气线路\_\_\_\_，可靠性取决于\_\_\_\_。

20. 采用压力继电器控制的顺序动作回路中，为保证顺序动作的可靠性，压力继电器的调定压力应\_\_\_\_先动作缸的最高工作压力，且\_\_\_\_溢流阀的调定压力。

21. 采用顺序阀控制的顺序动作回路中，为保证顺序动作的可靠性，顺序阀的调定压力应\_\_\_\_先动作缸的最高工作压力，且\_\_\_\_溢流阀的调定压力。该回路适用于液压缸数目\_\_\_\_、负载变化\_\_\_\_的液压系统。

#### （四）计算题

1. 如图 3-1-2 所示的增压回路，增压缸大、小活塞面积分别为  $A_a=0.05\text{m}^2$ 、 $A_b=0.005\text{m}^2$ ，工作缸活塞面积为  $A=0.02\text{m}^2$ ，泵的流量为  $q_{\text{泵}}=20\text{L}/\text{min}$ ，工作缸负载为  $50\text{kN}$ 。求：

- (1) 增压比。
- (2) 泵的出口压力  $p_{\text{泵}}$ 。
- (3) 增压缸速度  $v_{\text{增}}$ 。
- (4) 工作缸速度  $v_{\text{工}}$ 。

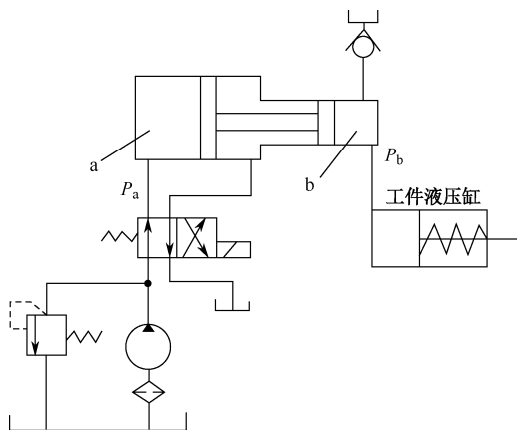


图 3-1-2



2. 在如图 3-1-3 所示回路中, 液压泵的额定压力为 2.5MPa, 额定流量为 16L/min, 液压缸无杆腔的有效作用面积为  $100\text{cm}^2$ , 有杆腔的有效作用面积为  $50\text{cm}^2$ , 液压缸的运动速度为  $0.8\text{m/min}$ , 溢流阀的调定压力为 2MPa, 背压阀调定压力 0.5MPa, 节流阀两端的压力差为 1MPa, 试求节流阀的流量  $q_{\text{节}}$ 、溢流阀的流量  $q_{\text{溢}}$ 、液压缸上的负载  $F$ 、液压泵的额定功率  $P_{\text{额}}$ 、液压泵的实际功率  $P_{\text{实}}$ 、溢流阀上的功率损耗  $P_{\text{溢}}$ 、节流阀上的功率损耗  $P_{\text{节}}$ 、回路的效率  $\eta$ 。

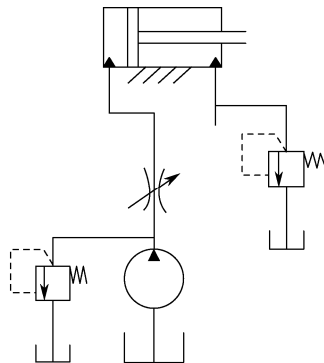


图 3-1-3

3. 如图 3-1-4 所示回路, 液压缸无杆腔的有效作用面积为  $100\text{cm}^2$ , 有杆腔的有效作用面积为  $50\text{cm}^2$ , 缸的负载  $F$  从 0 增大到 30kN 时, 液压缸的运动速度不变, 调速阀的最小压差为  $\Delta p=0.5\text{MPa}$ , 试分析计算:

- (1) 溢流阀的最小调定压力为多少?
- (2) 负载  $F=0$  时, 液压泵的工作压力为多少? 液压缸的背压为多少?
- (3) 若调速阀的调定流量为 1L/min, 则液压缸的速度为多少? 将此调速阀改接进油路上, 液压缸的速度又为多少?

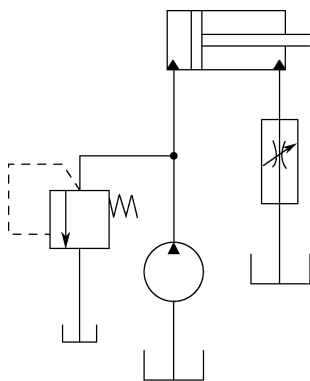


图 3-1-4

4. 如图 3-1-5 所示回路, 泵 1 的额定流量为 12L/min, 泵 2 的额定流量为 4L/min, 溢流阀的调定压力为 2.5MPa, 液压缸无杆腔的有效作用面积为  $100\text{cm}^2$ , 有杆腔的有效作用面积为  $50\text{cm}^2$ , 工进时溢流阀流量为 1L/min, 液压缸上的负载为 10kN。

- (1) 求快进速度、工进速度。
- (2) 求工进时节流阀两端压力差。

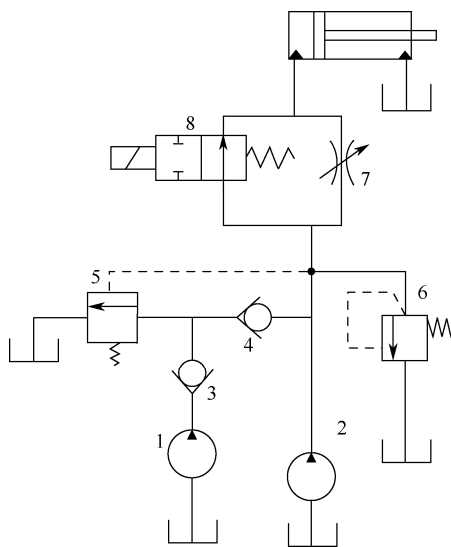


图 3-1-5

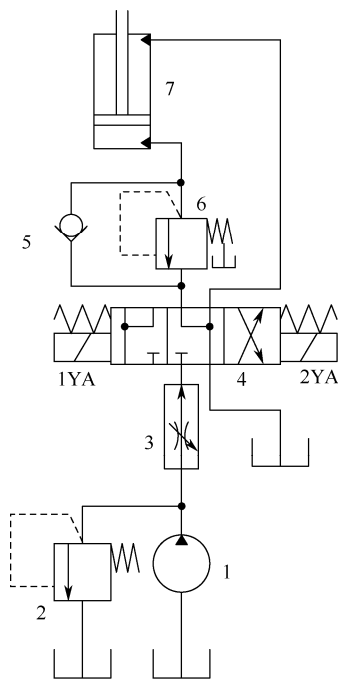


图 3-1-6



（五）综合题

1. 如图 3-1-7 所示的液压系统能实现“快进→工进→停留→快退→停止”的工作循环，试分析计算：

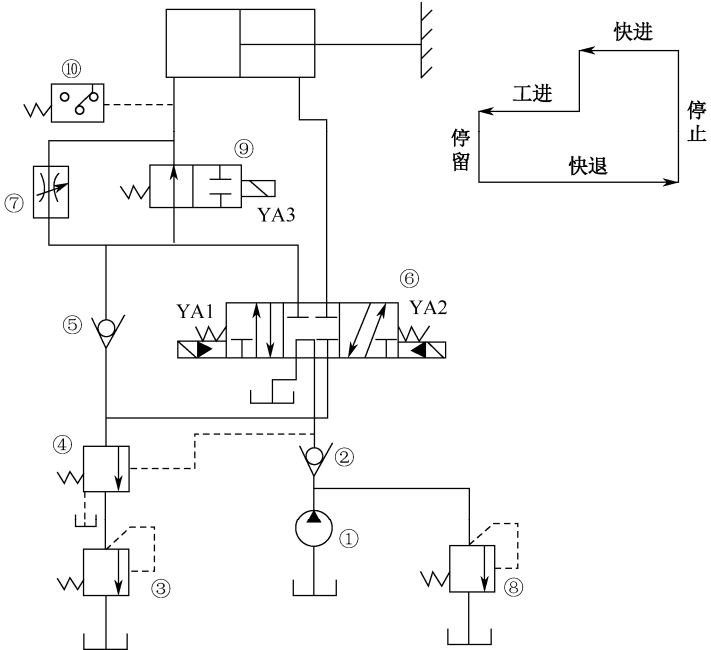


图 3-1-7

（1）填写电磁铁、压力继电器和液控顺序阀的动作顺序表。

动 作	电 磁 铁			压力继电器	液控顺序阀
	YA1	YA2	YA3		
快 进					
工 进					
停 留					
快 退					
原位停止					

注：“+”表示电磁铁通电、压力继电器与液控顺序阀动作，“-”则相反。

（2）该系统的快进采用了液压缸\_\_\_\_\_连接的快速运动回路，工进采用了\_\_\_\_\_调速回路。

（3）元件⑥的名称为\_\_\_\_\_，其中位滑阀机能的特点是：液压缸\_\_\_\_\_，液压泵\_\_\_\_\_。

（4）实现液压缸换向动作的元件是\_\_\_\_\_（填序号），用于调节工进速度的元件是\_\_\_\_\_（填序号），用于实现快进与工进换接的元件是\_\_\_\_\_（填序号），用于发出快退信号的元件是\_\_\_\_\_（填序号）。

（5）元件③、⑧的名称是\_\_\_\_\_，其中，用于调节系统压力的是元件\_\_\_\_\_，用于产生背压的是元件\_\_\_\_\_。

(6) 设液压缸进给时的最高工作压力为  $p_{缸}$ ，元件 10 的调定压力为  $p_{10}$ ，元件 8 的调定压力为  $p_8$ ，则这三个压力的大小关系为\_\_\_\_\_。

(7) 写出快进时的回油路线：液压缸有杆腔→\_\_\_\_\_（用序号表示，其中换向阀要写出位置）。

(8) 液压缸的活塞面积为  $2.0 \times 10^{-3} \text{m}^2$ ，且液压缸快进与快退的速度相等。若液压泵输出流量为  $10 \text{L/min}$ ，则液压缸快进时，速度为\_\_\_\_\_  $\text{m/min}$ ，流入液压缸无杆腔的流量为\_\_\_\_\_  $\text{L/min}$ 。工进时，若测得液压缸无杆腔的压力为  $1 \text{MPa}$ ，有杆腔的压力为  $0.5 \text{MPa}$ ，则工进时推动的负载为\_\_\_\_\_  $\text{kN}$ 。

2. 图 3-1-8 所示为深孔钻床液压系统原理图。图中，工件 18 可实现旋转运动，滑座 20 带动钻头 19 实现“快进→工进→快退→停止（并卸荷）”的进给运动；钻头 19 工进时，若出现不断屑或排屑困难的现象，可通过元件 15 设定的压力，实现快退运动，从而对元件 17 起到扭矩保护作用。已知液压泵 3 的型号为 YB-10，额定压力为  $6.3 \text{MPa}$ ，液压泵的总效率为  $0.8$ ；液压缸 16 的无杆腔面积为  $0.02 \text{m}^2$ ，有杆腔面积为  $0.01 \text{m}^2$ 。试回答下列问题。

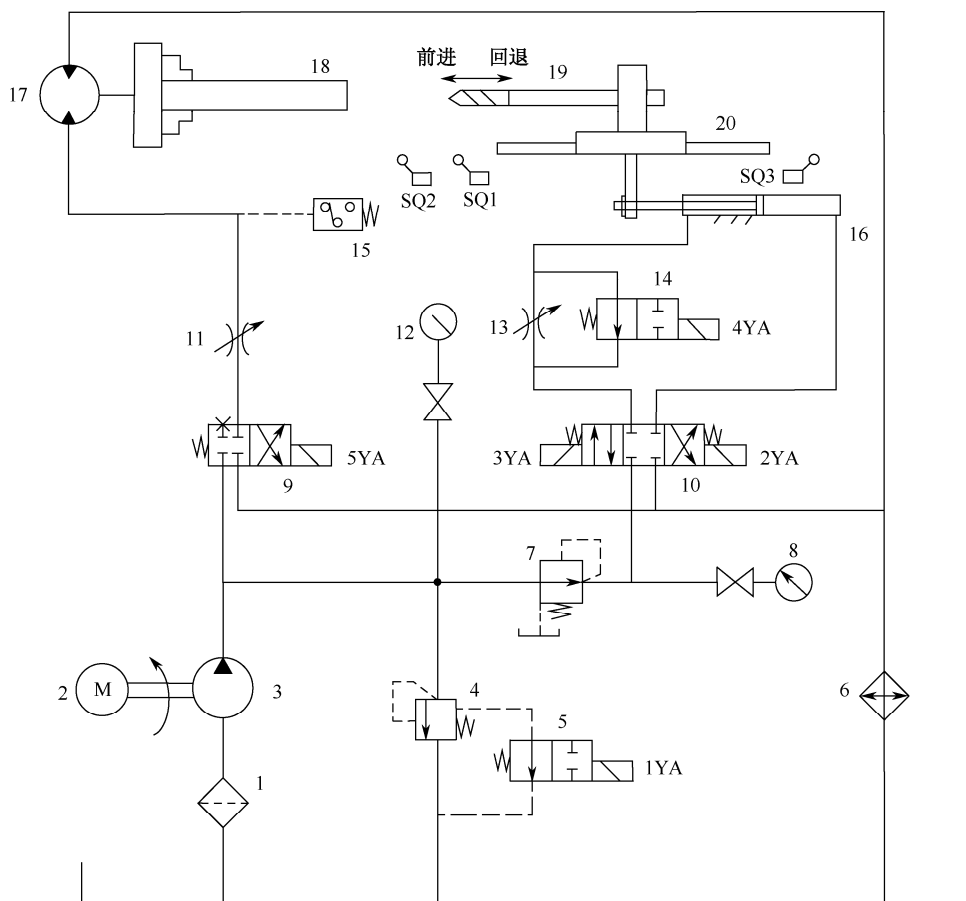


图 3-1-8

(1) 元件 9 的名称是\_\_\_\_\_，元件 11 的名称是\_\_\_\_\_，元件 6 的名称是\_\_\_\_\_。

(2) 元件 17 的名称是\_\_\_\_\_。若改用摆动式液压缸\_\_\_\_\_（填“能”或“不能”）



实现同样的功能。

(3) 元件 15 的名称是\_\_\_\_\_。它可以控制电磁铁 3YA\_\_\_\_\_ (填“得电”或“失电”)、电磁铁 4YA\_\_\_\_\_ (填“得电”或“失电”)。

(4) 工件 18 的转速是通过\_\_\_\_\_ (填“进油路”或“回油路”) 节流调速回路实现的, 钻头 19 的工进速度是通过\_\_\_\_\_ (填“进油路”或“回油路”) 节流调速回路实现的。这两种基本回路相比较, \_\_\_\_\_ (填“前者”或“后者”) 的运动平稳性好。

(5) 最大钻削力是通过元件\_\_\_\_\_ (填元件序号) 控制的。该元件正常情况下阀口\_\_\_\_\_ (填“常开”或“常闭”)。

(6) 液压系统的供油压力可通过元件\_\_\_\_\_ (填元件序号) 调定。

(7) 填写题表。

动作	电磁铁					行程开关		
	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	SQ1	SQ2	SQ3
工件旋转								
钻头快进								
钻头工进								
钻头快退								
钻头停止并卸荷								

(8) 与液压泵 3 匹配的电动机功率  $P=$ \_\_\_\_\_ kW。

(9) 钻头 19 快进时, 若流过元件 4 的流量为 2L/min, 流过元件 11 的流量为 5 L/min, 各种损失不计, 则流入元件 16 的流量  $q_{v16}=$ \_\_\_\_\_ L/min, 钻头 19 的运动速度  $v_{19}=$ \_\_\_\_\_ m/s。

(10) 钻头 19 工进时, 若切削力为 10kN, 元件 13 两端的压力差  $\Delta p$  为 1MPa, 各种损失不计, 则流入元件 16 的油液压力  $p_{16}=$ \_\_\_\_\_ MPa。

3. 图 3-1-9 所示为某机床动力滑台的液压系统。该系统能实现“快进→较快进→工进→快退→停止卸荷”的工作循环。试回答下列问题。

(1) 在题表中填写电磁铁的工作状态。(电磁铁得电为“+”, 失电为“-”)

动作	电磁铁			
	1YA	2YA	3YA	4YA
快进				
较快进				
工进				
快退				
停止卸荷				

(2) 该系统有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_压力控制的基本回路, 其核心元件分别是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

(3) 元件 5 的滑阀机能代号是\_\_\_\_\_。该机能使缸\_\_\_\_\_ (填“浮动”或“锁紧”), 使泵\_\_\_\_\_ (填“卸荷”或“不卸荷”)。

(4) 该系统的调速回路属于\_\_\_\_\_节流调速回路, 其核心元件是\_\_\_\_\_ (填写元件名称), 它由\_\_\_\_\_和可调节流阀组成。

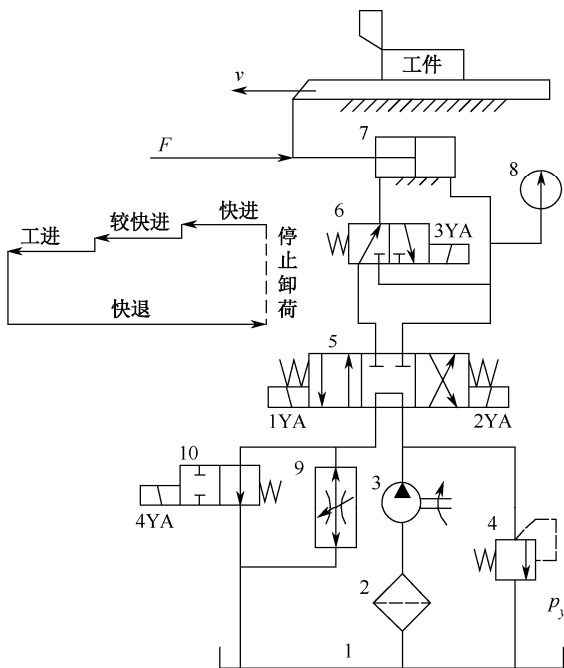


图 3-1-9

(5) 设快进时负载为  $F_k$ ，系统提供流量为  $q_v$ ，不考虑各种损失，则快进速度  $v_k =$  \_\_\_\_\_ (用数学表达式表示)，压力表在快进时的指示  $p_k =$  \_\_\_\_\_ (用数学表达式表示)。

(6) 设机床工作台和工件共重  $10\text{kN}$ ，工作台与导轨摩擦系数  $f=0.2$ ，工进时切削力为  $28\text{kN}$ ，快进时  $v_k=0.25\text{m/s}$ ，无杆腔有效面积  $A_1=10\times 10^{-3}\text{m}^2$ ，有杆腔有效面积  $A_2=8\times 10^{-3}\text{m}^2$ ，工进时阀 9 上的压力降为  $\Delta p=5\times 10^5\text{Pa}$ ，取  $K_{\text{压}}=1.5$ ， $K_{\text{漏}}=1.3$ 。泵的额定流量有 25、32、40、50、63L/min。

① 选择泵的额定流量为 \_\_\_\_\_ L/min 较适宜。

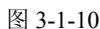
② 选择 \_\_\_\_\_ (填“齿轮”或“叶片”或“柱塞”) 泵较为合理。

③ 阀 4 的最小调定压力  $p_y =$  \_\_\_\_\_ MPa，工进时 \_\_\_\_\_ (填“有”或“无”) 油液从阀 4 流回油箱。

4. 图 3-1-10 所示为组合机床滑台系统液压原理图，该系统能完成“蓄能器充油→快进→工进→快退→原位停止”的动作循环，系统快进时元件 1 和元件 4 可以同时供油。已知液压缸两侧的有效作用面积均为  $0.01\text{m}^2$ ，元件 10 的调定压力为  $1.0\text{MPa}$ ，其他损失不计。试回答下列问题。

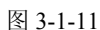
(1) 填写电磁铁的动作顺序表。

动作	元件 11	元件 14	元件 15	电 磁 铁	
				YA1	YA2
蓄能器充油					
快进					
工进					
快退					
原位停止	—	—	—	—	—



5. 如图 3-1-11 所示的液压系统能实现“夹紧缸夹紧→工作缸快进→工作缸工进→工作缸快退→工作缸停止→夹紧缸松开→系统卸荷”的工作循环。液压泵的额定压力为 3MPa, 额定流量为 20L/min, 元件 2 的调定压力为 2.5MPa, 元件 12 的调定压力为 1.5MPa。两液压缸的规格相同, 活塞面积均为  $0.012\text{m}^2$ , 且工作缸快进速度为快退速度的 2 倍。试分析并完成下列问题。





动作顺序	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA
夹紧缸夹紧					
工作缸快进					
工作缸工进					
工作缸快退					
工作缸停止					
夹紧缸松开					
系统卸荷					

(7) 工作缸快进的速度为 \_\_\_\_\_ m/min。(不考虑各种损失)



- (8) 工作缸工进时, 若通过元件 5 的流量为  $6\text{L/min}$ , 则流入工作缸无杆腔的流量为 \_\_\_\_\_  $\text{L/min}$ 。(不考虑各种损失)
- (9) 为保证元件 14 能够正常稳定工作, 要求其两端的压力差  $\Delta p \geq 0.5\text{MPa}$ , 则夹紧缸在夹紧运动过程中所克服的负载不应超过 \_\_\_\_\_  $\text{kN}$ 。(管路中的压力损失不计)
- (10) 若工作缸的活塞自重为  $6\text{kN}$ , 为防止工作缸的活塞在重力作用下自行下滑, 则元件 6 的最小调定压力为 \_\_\_\_\_  $\text{MPa}$ 。

# 模块四

4

## 气压传动

### 考点分析

常 考 点	选 考 点	对应的考纲要求	备 注
1. 气压传动系统的组成 2. 气体的基本特性 3. 特殊气缸的特点及作用 4. 气动控制阀图形符号的画法 5. 气源装置的元件组成；气动三大件的工作原理及作用；气源装置及气动三大件图形符号的画法 6. 各基本回路的作用及应用场合	1. 气压传动的工作原理 2. 气源装置的元件组成 3. 气动基本回路的种类、特点及工作原理 4. 气缸与气动马达的工作原理、结构及图形符号的画法 5. 气动控制阀的种类 6. 基本回路的组成形式及各气动元件在回路中的作用 5. 气动控制系统的分析	1. 了解气压传动的工作原理 2. 掌握气压传动系统的组成 3. 掌握气体的基本特性 4. 了解气源装置的元件组成，理解气动三大件的工作原理及作用；掌握气源装置及气动三大件图形符号的画法 5. 了解气缸与气动马达的工作原理、结构及图形符号的画法，熟悉特殊气缸的特点及作用 6. 了解气动控制阀的种类，掌握气动控制阀图形符号的画法 7. 了解气动基本回路的种类、特点及工作原理 8. 熟悉各基本回路的作用及应用场合 9. 了解基本回路的组成形式及各气动元件在回路中的作用 10. 初步了解气动控制系统的分析方法	判断、选择、填空题中考核较多

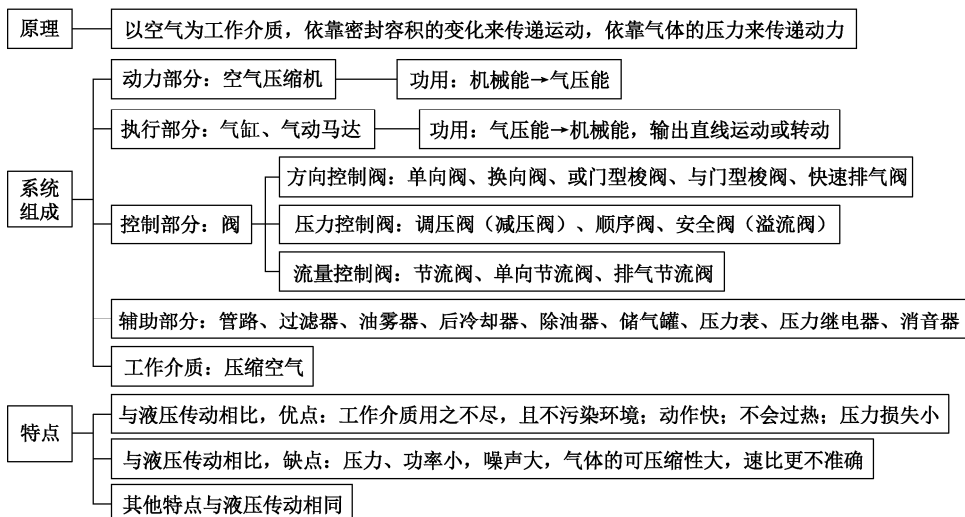


## 专题一 气压传动概述

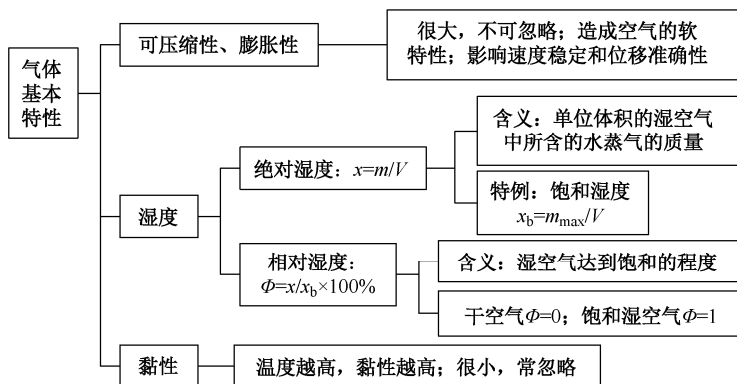


### 知识提要

#### 1. 气压传动原理、系统组成及特点



#### 2. 气体的基本特性



### 复习指导

1. 气体的可压缩性是指气体受压力的作用而使其体积发生变化的性质。膨胀性是指气体受温度的影响而使其体积发生变化的性质。可压缩性与膨胀性是造成气压传动很难得到稳定的速度和准确的位移的根本原因。

2. 绝对湿度表示单位体积湿空气中所含水蒸气质量的多少；相对湿度表示空气中水蒸气的含量到达饱和的程度，即反映了吸湿的能力。

3. 对于饱和湿空气而言，当温度下降，将会有水蒸气凝结成为水滴而析出（绝对湿度下



降,相对湿度不变);对于非饱和湿空气而言,通过冷却方式,可使湿空气达到饱和,进而有水滴析出(绝对湿度下降,相对湿度上升)。

4. 气动设备要求相对湿度不大于 95%。



### 典题探析



#### 例 4-1-1

反映空气吸收水蒸气能力的是 ( )。

A. 绝对湿度

B. 相对湿度

C. 饱和湿度

D. 露点

### 思路分析

绝对湿度表示单位体积湿空气中所含水蒸气质量的多少;相对湿度表示空气中水蒸气的含量到达饱和的程度,即反映了吸湿的能力;饱和湿度是指饱和湿空气的绝对湿度;露点是指湿空气冷却时开始凝结成水滴的温度。

「答」 B



### 课后巩固

#### (一) 判断题

1. 气压传动的动力元件是液压泵。 ( )
2. 空气压缩机将原动机的机械能转换成液体压力能。 ( )
3. 绝对湿度表明了湿空气中所含水蒸气的多少,绝对湿度越大,说明湿空气吸收水蒸气的能力越大。 ( )
4. 当温度下降时,空气中的水蒸气含量一定会降低。 ( )
5. 气动马达属于气动系统的执行元件。 ( )
6. 和液压传动相比,气动更适于远距离传动。 ( )
7. 空气具有可压缩性,气压传动能够实现过载保护。 ( )
8. 气动系统对工作环境适应性差,不能用于易燃、易爆场合。 ( )
9. 与液压传动相比,气压传动的压力大,功率高,工作平稳性好,但效率低。 ( )
10. 空气的黏度随温度升高而降低。 ( )
11. 与液压传动相比,气压传动更能实现准确的速度和位移控制。 ( )
12. 为保证气压系统正常工作,绝对湿度不得大于 95%。 ( )
13. 气动马达是将压缩空气的压力能转换成旋转的机械能的装置。 ( )
14. 相对湿度既表明了湿空气中所含水蒸气的多少,也表明湿空气所具有吸收水蒸气的能力大小。 ( )



15. 气动马达是将旋转的机械能转换成压缩空气的压力能的装置。

( )

## (二) 选择题

1. 气体的可压缩性会导致气压系统( )。

A. 刚性差, 定位精度差

B. 刚性差, 定位精度好

C. 刚性好, 定位精度差

D. 刚性好, 定位精度好

2. 空气压缩机是气压传动的( )元件。

A. 动力元件

B. 执行元件

C. 控制元件

D. 辅助元件

3. 反映空气吸收水蒸气能力的是( )。

A. 绝对湿度

B. 相对湿度

C. 饱和湿度

D. 露点

4. 气动马达是气压传动的( )元件。

A. 动力元件

B. 执行元件

C. 控制元件

D. 辅助元件

5. 每立方米的湿空气中所含水蒸气的质量称为( )。

A. 绝对湿度

B. 相对湿度

C. 含湿量

D. 析水量

## (三) 填空题

1. 空气的可压缩性是指气体受\_\_\_\_\_的作用而使其体积发生变化的性质;膨胀性是指气体受\_\_\_\_\_的影响而使其体积发生变化的性质。与油液相比,空气的可压缩性及膨胀性\_\_\_\_\_,造成了气压传动的\_\_\_\_\_特性,即气缸活塞的运动速度受\_\_\_\_\_变化影响很大,因此很难得到\_\_\_\_\_的速度和\_\_\_\_\_的位移。

2. 黏性是指气体分子间的内聚力阻碍分子间相对运动而产生的\_\_\_\_\_力。与液体相比,气体的黏度要小得多,故工作中压力损失\_\_\_\_\_。空气的黏度与温度有关,温度升高,黏度\_\_\_\_\_。

3. 含有水蒸气的空气称为\_\_\_\_\_空气,不含有水蒸气的空气称为\_\_\_\_\_空气。水蒸气的含量达到\_\_\_\_\_值,即\_\_\_\_\_状态,这种湿空气称为饱和湿空气。

4. 绝对湿度是指单位湿空气中含有的水蒸气的\_\_\_\_\_。相对湿度是\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_之比。

5. 饱和湿空气的相对湿度为\_\_\_\_\_,干空气的相对湿度为\_\_\_\_\_。

6. 对于饱和湿空气而言,当温度下降,将会有水蒸气凝结成为\_\_\_\_\_而析出;对于非饱和湿空气而言,通过冷却方式,可使湿空气达到\_\_\_\_\_,进而有水滴\_\_\_\_\_。

7. 气压传动是利用密封容积内受压气体的\_\_\_\_\_来传递动力,利用密封容积的\_\_\_\_\_来传递运动。其能量转换为\_\_\_\_\_能→\_\_\_\_\_能→\_\_\_\_\_能。

8. 气源装置可将原动机输出的\_\_\_\_\_能转变为空气的\_\_\_\_\_能。其主要设备是\_\_\_\_\_。

9. 执行元件将空气的\_\_\_\_\_能转变为\_\_\_\_\_能。

10. 气压传动中,空气黏度\_\_\_\_\_,压力损失\_\_\_\_\_,便于集中供气和\_\_\_\_\_距离输送。空气具有\_\_\_\_\_性,便于贮气罐储存能量,以备急需。但是,当载荷变化时,气动系统的速度稳定性\_\_\_\_\_,速比\_\_\_\_\_准确。与液压传动相比,气压传动的工作压力\_\_\_\_\_,输出功率\_\_\_\_\_,排气噪声\_\_\_\_\_,需加\_\_\_\_\_。

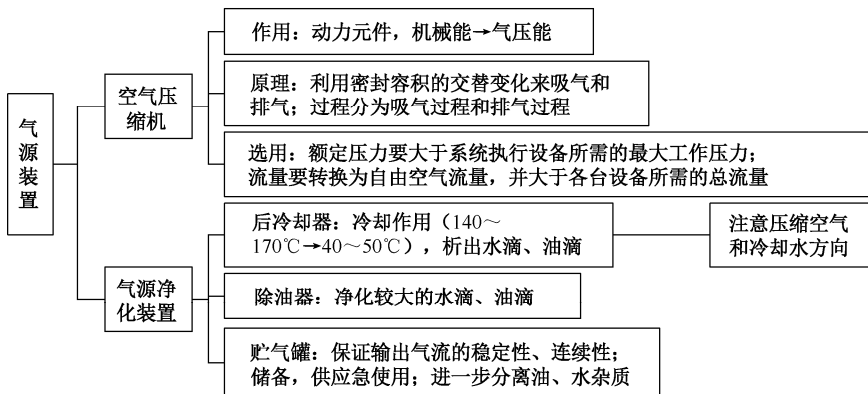


## 专题二 气动元件

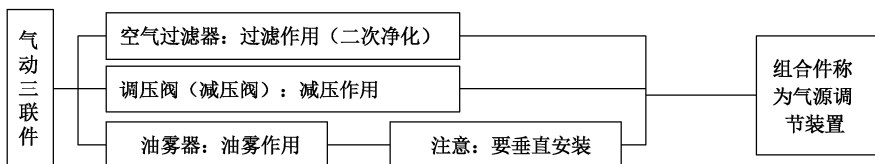


### 知识提要

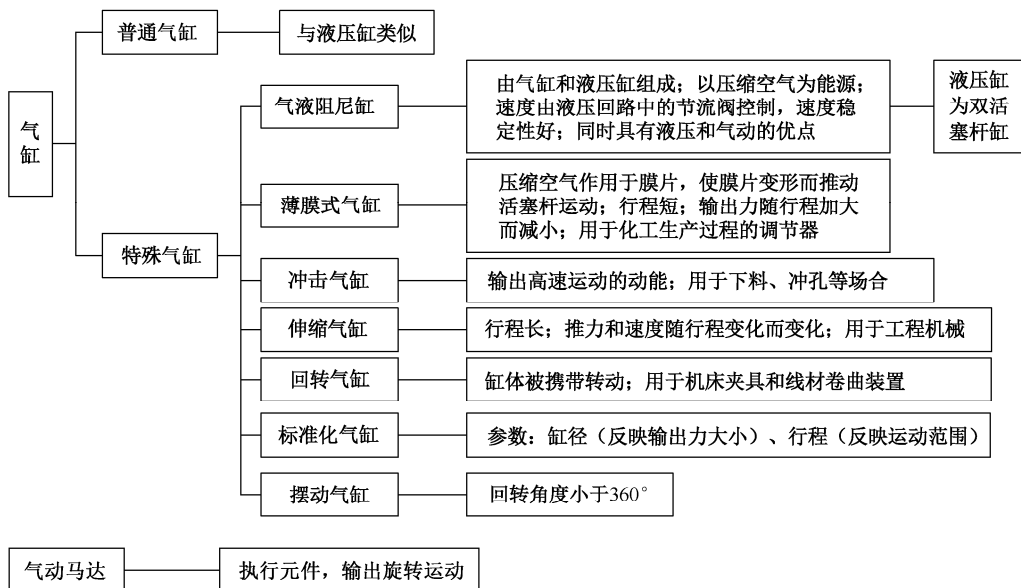
#### 1. 气源装置



#### 2. 气动三大件

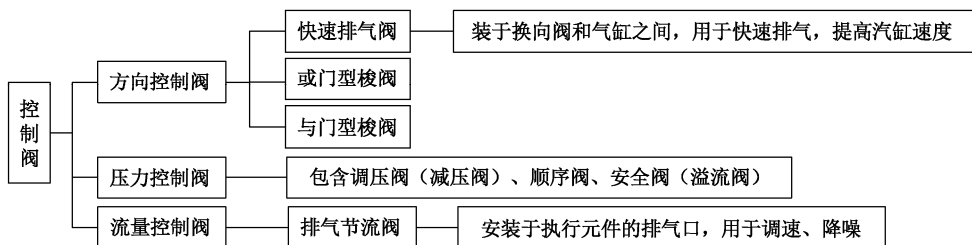


#### 3. 气动执行元件



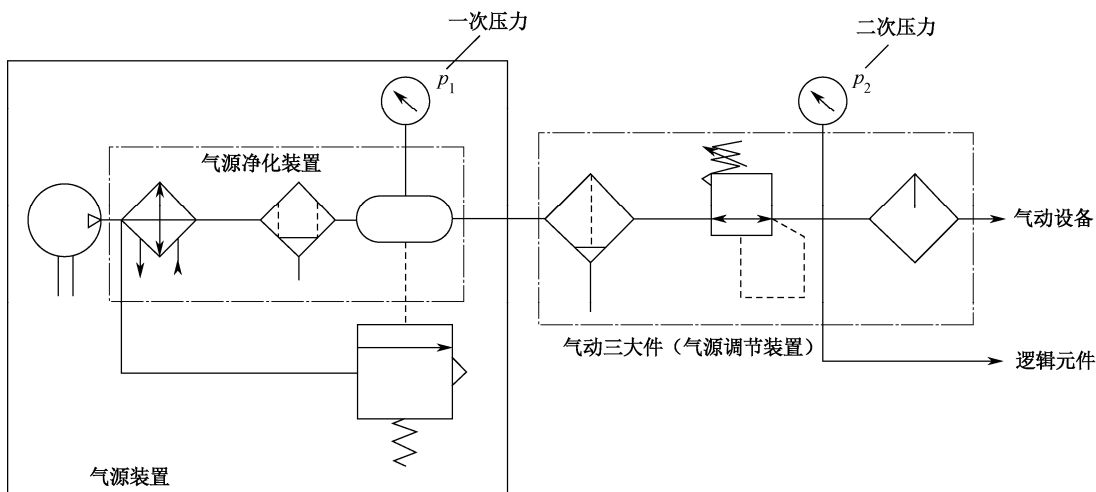


#### 4. 控制阀




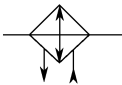


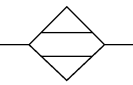
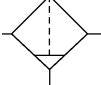

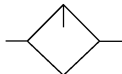
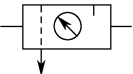


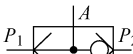
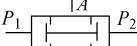
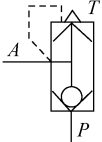


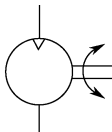
#### 复习指导

1. 空气压缩机是气源装置的主体，其铭牌上的流量是自由空气流量，选择时，需将系统的压缩空气流量转化为自由空气流量。
2. 为提高冷却效果，后冷却器安装使用时，冷却水的流动方向与压缩空气的流动方向相反。
3. 气动三大件是多数气动系统中不可缺少的装置，安装在用气设备近处，是压缩空气质量的最后保障。依进气方向，分别为空气过滤器、减压阀和油雾器，作用分别为过滤、减压、油雾。气动三大件插装在同一支架上，形成无管化连接，又称为气源调节装置。
4. 在安装时，油雾器应垂直安装。
5. 气源装置和气动三大件连接图。



6. 供给逻辑元件的压缩空气不要加入润滑油。
7. 气-液阻尼缸分为串联式和并联式两种。串联式气-液阻尼缸的缸体较长，加工和安装时对同轴度要求较高。并联式气-液阻尼缸的缸体较短，安装时对平行度要求较高。
8. 伸缩气缸活塞伸出的顺序是从大到小，而空载缩回的顺序则一般是从小到大。
9. 气-液转换器中储油量应不少于液压缸有效容积的 1.5 倍。
10. 常见气动元件符号。



空气压缩机	后冷却器	除油器	贮气罐	干燥器	空气过滤器
					
减压阀	油雾器	气源调节装置	顺序阀	溢流阀	或门型梭阀
					
与门型梭阀	快速排气阀	排气节流阀	气液转换器	气马达	
					

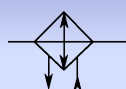


## 典题探析



### 例 4-2-1

下列气动元件符号中，不属于气源装置的是（ ）。



A.



B.



C.



D.



## 思路分析

气源装置包括空气压缩机、后冷却器、除油器、贮气罐等。A 是后冷却器的符号，B 是空气过滤器的符号，C 是除油器的符号，D 是贮气罐的符号。

「答」 B



## 课后巩固

### (一) 判断题

- 空气压缩机产生的压缩空气可直接提供给气动设备使用。 ( )
- 后冷却器是用于冷却压缩空气，使其中的油雾和水汽达到饱和而析出。 ( )
- 空气压缩机将原动机的机械能转换成液体压力能。 ( )
- 空气压缩机的额定压力应等于或略高于气动系统所需的工作压力。 ( )
- 为提高冷却效果，后冷却器安装使用时，冷却水的流动方向与压缩空气的流动方向应相同。 ( )
- 除油器一般安装在后冷却器之后的管道上，作用是使压缩空气得到初步净化。 ( )



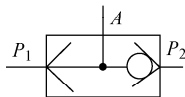
7. 贮气罐的主要作用是储存一定数量的压缩空气,减少气源输出气流脉动,降低压缩空气温度。( )
8. 空气压缩机铭牌上的流量是指额定压力下的空气流量。( )
9. 空气过滤器是利用离心作用来分离并排除压缩空气中凝结的水分、油分的。( )
10. 气动三大件是所有气动系统中不可缺少的气源装置,一般安装在用气设备近处,是压缩空气质量的最后保证。( )
11. 气动三大件中所用的减压阀起减压和稳压作用。( )
12. 油雾器是一种特殊的注油装置,它属于辅助元件。( )
13. 气-液阻尼缸综合了气压传动和液压传动优点,其一般都将单活塞杆缸作为液压缸。( )
14. 气-液阻尼缸中,常在气缸进出口之间装有单向节流阀,调节节流阀的开口量,即可调节活塞的运动速度。( )
15. 薄膜式气缸是一种利用膜片在压缩空气作用下产生变形来推动活塞杆作直线运动的。( )
16. 薄膜式气缸的行程较短,气缸活塞上的输出力随行程的加大而减小。( )
17. 冲击气缸可把压缩空气的压力能转换为活塞和活塞杆的高速运动的动能。( )
18. 在下料、冲孔、弯曲、打印等多种作业中常采用伸缩气缸。( )
19. 伸缩气缸中活塞伸出和缩回的顺序都是“从大到小”。( )
20. 伸缩气缸的大活塞伸出时推动的负载大,但速度小;小活塞伸出时,推动的负载小,但速度快。( )
21. 气动马达是将旋转的机械能转换成压缩空气的压力能的装置。( )
22. 气动马达的突出特点是具有防爆、高速等优点,也有其输出功率小、耗气量大、噪声大和易产生振动等缺点。( )
23. 快速排气阀是为加快气缸运动作快速排气用的。( )
24. 排气节流阀不仅能调节执行元件的运动速度,还能起到降低排气噪声的作用。( )

## (二) 选择题

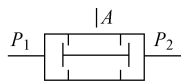
1. 除油器是气压传动的( )元件。
- A. 动力元件                      B. 执行元件                      C. 控制元件                      D. 辅助元件
2. 下列不是贮气罐作用的是( )。
- A. 储存压缩空气                      B. 保证输出气流的连续性和平稳性
- C. 冷却                      D. 进一步分离油和水等杂质
3. 空气压缩机是气压传动的( )元件
- A. 动力元件                      B. 执行元件                      C. 控制元件                      D. 辅助元件
4. 气压系统中,冷却器、除油器的作用是( )。
- A. 提高气体压力                      B. 降低气体黏性



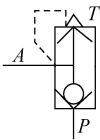
- C. 提高气体流量  
D. 去除水分和油分
5. 下列不属于气动三大件的是 ( )。
- A. 除油器                      B. 空气过滤器                      C. 油雾器                      D. 减压阀
6. 以下不能对压缩空气起清洁作用的是 ( )。
- A. 除油器                      B. 空气过滤器                      C. 油雾器                      D. 贮气罐
7. 气动三联件安装顺序依进气方向分别为 ( )。
- A. 空气过滤器、油雾器和减压阀                      B. 减压阀、空气过滤器和油雾器  
C. 油雾器、减压阀和空气过滤器                      D. 空气过滤器、减压阀和油雾器
8. 按进气方向, 下列元件排列正确的是 ( )。
- A. 压缩机、后冷却器、空气过滤器、除油器、贮气罐、减压阀、油雾器  
B. 压缩机、后冷却器、除油器、贮气罐、减压阀、空气过滤器、油雾器  
C. 压缩机、后冷却器、油雾器、贮气罐、减压阀、空气过滤器、除油器  
D. 压缩机、后冷却器、除油器、贮气罐、空气过滤器、减压阀、油雾器
9. 减压阀是气压传动的 ( ) 元件。
- A. 动力元件                      B. 执行元件                      C. 控制元件                      D. 辅助元件
10. 在气压传动中, 若需要准确的位置控制和速度控制, 可采用 ( )。
- A. 薄膜式气缸                      B. 气-液阻尼缸                      C. 冲击气缸                      D. 伸缩气缸
11. 化工生产过程的调节器常采用 ( )。
- A. 薄膜式气缸                      B. 气-液阻尼缸                      C. 冲击气缸                      D. 伸缩气缸
12. 行程长且推力和速度随行程的变化而变化的气缸是 ( )。
- A. 薄膜式气缸                      B. 气-液阻尼缸                      C. 冲击气缸                      D. 伸缩气缸
13. 与液压马达相比, 下列关于气动马达的特点, 错误的是 ( )。
- A. 噪声大, 易产生振动                      B. 具有防爆、高速等优点  
C. 输出功率大                      D. 耗气量大
14. 下列符号中, 与门型梭阀为 ( ), 或门型梭阀为 ( ), 快速排气阀为 ( ), 排气节流阀为 ( )。



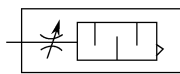
A.



B.



C.



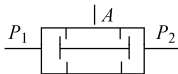
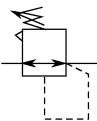
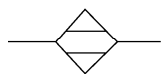
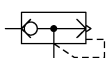
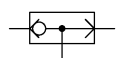
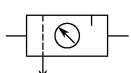
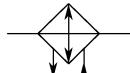
D.

### (三) 填空题

1. 压缩空气的发生装置是指\_\_\_\_\_, 也是气源装置的\_\_\_\_\_。
2. 空气压缩机铭牌上的流量是\_\_\_\_\_流量, 选择时, 需将系统的\_\_\_\_\_空气流量转化为\_\_\_\_\_空气流量。
3. 压缩空气中, 不能含有过多的水蒸气, 通常\_\_\_\_\_湿度不得大于 95%。



4. 后冷却器用于\_\_\_\_\_压缩空气,使水蒸气凝结成\_\_\_\_,其安装位置在\_\_\_\_\_。  
为提高冷却效果,后冷却器安装使用时,冷却水的流动方向与压缩空气的流动方向相\_\_\_\_\_。
5. 干燥器可以对压缩空气进行\_\_\_\_\_处理。
6. 气动三大件是指\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。气动三大件是多数气动系统中不可缺少的装置,安装在\_\_\_\_\_近处,是压缩空气质量的最好保障。
7. 依进气方向,气动三大件分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,作用分别是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
8. 气缸和气动马达属于气动\_\_\_\_\_元件,其作用是将压缩空气的\_\_\_\_\_能转换为\_\_\_\_\_能。
9. 气-液阻尼缸由\_\_\_\_\_缸和\_\_\_\_\_缸组合而成,组合方式分为\_\_\_\_\_式和\_\_\_\_\_式两种。控制速度的节流阀安装在\_\_\_\_\_回路中,液压缸采用\_\_\_\_\_活塞杆式。该缸综合了气压传动和液压传动的优点,运动平稳性\_\_\_\_\_,常用于需要\_\_\_\_\_的位置控制和速度控制的场合。
10. 串联式气-液阻尼缸的缸体较\_\_\_\_\_,加工和安装时对\_\_\_\_\_要求较高。并联式气-液阻尼缸的缸体较\_\_\_\_\_,安装时对\_\_\_\_\_要求较高。
11. 薄膜式气缸利用膜片在压缩空气作用下产生\_\_\_\_\_来推动活塞杆作\_\_\_\_\_运动。该气缸活塞上的输出力随行程的加大而\_\_\_\_\_。由于膜片的\_\_\_\_\_有限,其行程较\_\_\_\_\_,用于\_\_\_\_\_行程的场合。
12. 冲击气缸可将压缩空气的\_\_\_\_\_能转换为活塞和活塞杆的\_\_\_\_\_运动的\_\_\_\_\_能。
13. 伸缩气缸活塞的大活塞伸出时,推动的负载\_\_\_\_\_,但速度\_\_\_\_\_,小活塞伸出时,推动的负载\_\_\_\_\_,但速度\_\_\_\_\_。故推力和速度随\_\_\_\_\_的变化而变化。该气缸可实现较\_\_\_\_\_的行程,常用于\_\_\_\_\_行程的场合。
14. 摆动气缸可将压缩空气的\_\_\_\_\_能转变成\_\_\_\_\_回转机械能。
15. 标准化气缸的主要参数有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。其中,\_\_\_\_\_反映承载能力的大小,\_\_\_\_\_反映运动范围。
16. 写出下列各符号的名称。



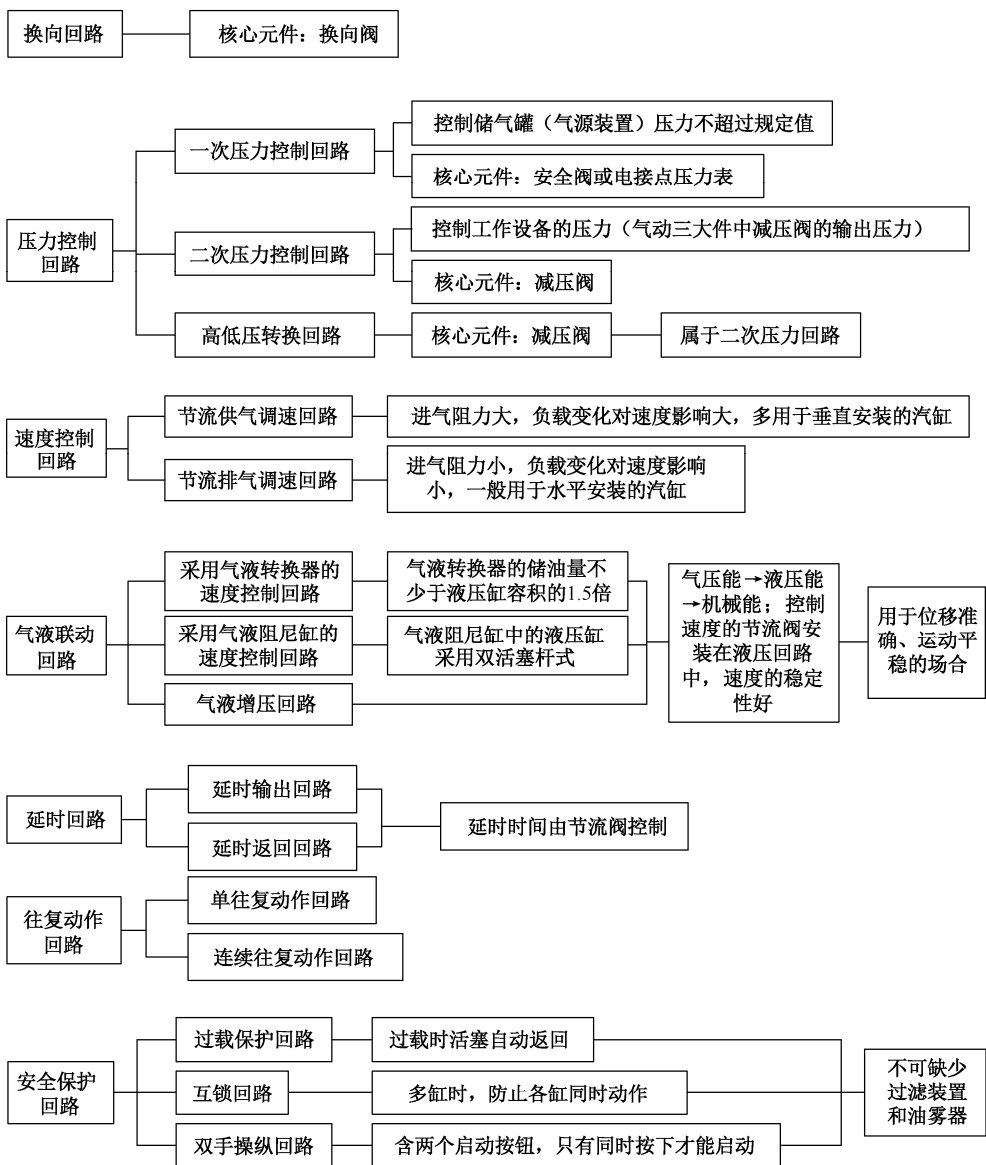


17. 气压传动中, 压力控制阀主要有\_\_\_\_\_阀、\_\_\_\_\_阀和\_\_\_\_\_阀。压力控制阀共同特点是利用作用于阀芯上的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_相平衡的原理来进行工作的。
18. 气-液转换器中储油量应不少于\_\_\_\_\_有效容积的\_\_\_\_\_倍。

### 专题三 气动基本回路



#### 知识提要





## 复习指导

1. 气-液联动调速回路中,控制速度的节流阀位于液压回路中,故执行元件的运动平稳性好,常用于气缸要求具有准确而平稳的速度场合。
2. 为保证可靠性,安全回路中,不可缺少过滤装置和油雾器。
3. 单往复动作回路是指每按下一次按钮,气缸就完成一次往复动作。连续往复动作回路是指按下按钮,气缸能连续不断完成往复动作。



## 典题探析



## 例 4-3-1

如图 4-3-1 所示回路属于 ( ) 控制的单往复动作回路。

- A. 行程                      B. 时间                      C. 压力                      D. 手动

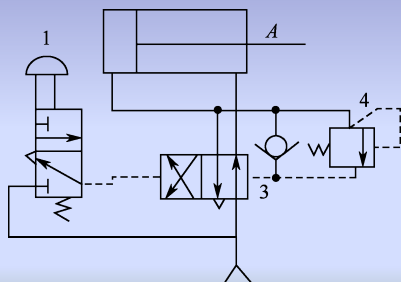


图 4-3-1

## 思路分析

单往复动作回路的控制方式有行程控制、压力控制、时间控制等。题中气缸右移到终点后,进气压力升高,使元件 4 打开,元件 3 接右位,活塞返回。故该回路属于压力控制。

「答」 C



## 课后巩固

## (一) 判断题

1. 快速排气阀是为加快气缸运动作快速排气用的。 ( )
2. 二次压力控制回路用于控制贮气罐的压力,使之不超过规定的压力值。 ( )
3. 一次压力控制回路用于控制气动系统中各台气动设备的工作压力。 ( )
4. 一次压力控制回路的核心元件是外控溢流阀或电接点压力表。 ( )
5. 二次压力控制回路多由气动三大件组成。 ( )
6. 排气节流阀不仅能调节执行元件的运动速度,还能起到降低排气噪声的作用。 ( )



7. 与供气节流调速回路相比, 排气节流调速回路的速度随负载变化较小, 运动较平稳, 多用于垂直安装的气缸的供气回路中。 ( )
8. 若要求气缸具有准确而平稳的速度时, 可采用气-液相结合的调速方式。 ( )
9. 安全回路中不可缺少过滤装置和油雾器。 ( )
10. 互锁回路中, 有两个启动用的手动阀, 只有同时按动两个阀才能启动回路动作。 ( )
11. 延时回路的延时时间可由节流阀调节。 ( )
12. 单向调速回路中, 节流供气多用于垂直安装的气缸供气回路中, 节流排气一般用在水平安装的气缸供气回路中。 ( )

## (二) 选择题

1. 用于控制贮气罐的压力, 使之不超过规定的压力值的回路是 ( )。
- A. 一次压力控制回路                      B. 二次压力控制回路
- C. 高低压转换回路                      D. 互锁回路
2. 用于控制气动系统中各台气动设备的工作压力的回路是 ( )。
- A. 一次压力控制回路                      B. 二次压力控制回路
- C. 互锁回路                      D. 过载保护回路
3. 若要求气缸具有准确而平稳的速度, 可采用 ( )。
- A. 气-液联动调速回路                      B. 供气节流调速回路
- C. 排气节流调速回路                      D. 双向调速回路
4. 能防止各气缸同时动作, 而保证只有一个气缸运动的回路为 ( )。
- A. 过载保护回路                      B. 互锁回路
- C. 双手同时操作回路                      D. 一次压力控制回路
5. 下列回路中, 不属于安全保护回路的是 ( )。
- A. 过载保护回路                      B. 互锁回路
- C. 双手同时操作回路                      D. 气-液联动调速回路
6. 气压系统中, 冷却器、除油器的作用是 ( )。
- A. 提高气体压力                      B. 降低气体黏性
- C. 提高气体流量                      D. 去除水分和油分
7. 快速排气阀属于 ( )。
- A. 压力控制阀                      B. 流量控制阀                      C. 气源装置                      D. 方向控制阀
8. 如图 4-3-2 所示回路中, 不包含 ( ) 基本回路。
- A. 换向回路                      B. 延时回路
- C. 单往复动作回路                      D. 连续往复动作回路
9. 如图 4-3-3 所示的延时输出回路, 延时时间由元件 ( ) 控制。
- A. 1                      B. 2                      C. 3                      D. 4

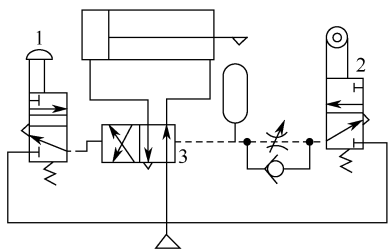


图 4-3-2

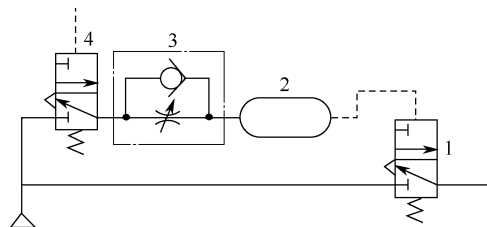
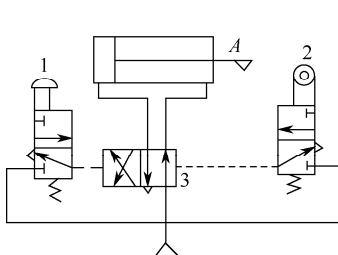
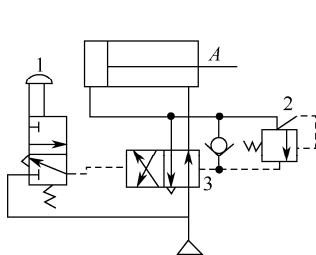


图 4-3-3

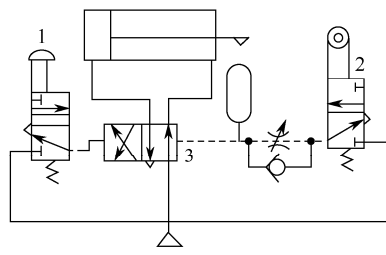
10. 如图 4-3-4 所示各单往复动作回路, 属于行程控制的是 ( ), 属于时间控制的是 ( ), 属于压力控制的是 ( )。



(a)



(b)



(c)

图 4-3-4

### (三) 填空题

1. 一次压力控制回路用于控制\_\_\_\_\_的压力, 使之\_\_\_\_\_规定的压力值。其核心元件是\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_。
2. 二次压力控制回路用于控制气动系统中\_\_\_\_\_。其核心元件是\_\_\_\_\_。
3. 二次压力控制回路中, 供给\_\_\_\_\_元件的压缩空气不要加入润滑油。
4. 排气节流阀由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。其作用是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。排气节流阀应安装在\_\_\_\_\_阀的\_\_\_\_\_口处, 与换向阀联用。
5. 供气节流调速回路的运动平稳性\_\_\_\_\_, 多用于\_\_\_\_\_安装的气缸; 排气节流调速回路的运动平稳性\_\_\_\_\_, 常用于\_\_\_\_\_安装的气缸。
6. 采用气液转换器的气-液调速回路中, 气-液转换器中储油量应不少于\_\_\_\_\_有效容积的\_\_\_\_\_倍。
7. 气-液联动调速回路中, 控制速度的节流阀位于\_\_\_\_\_回路中, 故执行元件的运动平稳性\_\_\_\_\_, 常用于气缸要求具有\_\_\_\_\_的速度场合。
8. 安全保护回路主要有\_\_\_\_\_回路、\_\_\_\_\_回路、\_\_\_\_\_回路。为保证可靠性, 安全回路中, 不可缺少\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
9. 过载保护回路中, 活塞杆伸出时遇障碍或过载时, 能\_\_\_\_\_。
10. 互锁回路能防止各气缸\_\_\_\_\_, 而保证\_\_\_\_\_气缸运动。
11. 双手同时操作回路使用\_\_\_\_\_个启动用的手动阀, 只有同时按动\_\_\_\_\_个阀才动作。
12. 延时回路中, 延时时间可由\_\_\_\_\_调节。
13. 单往复动作回路中, 每按下一次按钮, 气缸就完成\_\_\_\_\_次往复动作。连续往复动作回路中, 按下按钮, 气缸能\_\_\_\_\_完成往复动作。





# 参考答案



## 模块一 液压传动的基本概念

### 专题一 液压传动原理及其基本概念

#### 课后巩固

##### (一) 判断题

1. × 2. √ 3. × 4. √ 5. × 6. √ 7. × 8. √ 9. × 10. √ 11. ×  
12. × 13. √ 14. √ 15. √ 16. √ 17. √ 18. √ 19. × 20. √ 21. √

##### (二) 选择题

1. B 2. C 3. D 4. A

##### (三) 填空题

1. 容积变化 油液压力; 2. 动力 执行 控制 辅助; 3. 液压泵 机械 液压  
4. 液压缸 液压马达 液压 机械; 5. 控制阀 方向 压力 流量; 6. 油液  
7. 降低; 8. 内摩擦力 流动 功率 效率; 9. 黏度 增大 减小;  
10. 无级 大 不准确 冲击 能量 低

### 专题二 液压传动的流量和压力

#### 课后巩固

##### (一) 判断题

1. × 2. × 3. × 4. × 5. √ 6. × 7. √ 8. × 9. ×  
10. √ 11. √ 12. × 13. √ 14. √

##### (二) 选择题

1. D 2. A 3. A 4. A 5. C 6. D

##### (三) 填空题

1.  $6 \times 10^4$ ; 2. 不相等; 3. 油液平均流速 流量 有效作用面积 无 流量;



4. 无分支 流量; 5. 反 大 小; 6. 反 小于; 7. 负载的挤压 Pa;  
8. 相等 垂直指向承压表面; 9. 等值 相等; 10.  $A_A/A_B$ ; 11. 挤压;  
12. 负载 负载; 13. 从无到有, 从小到大; 14. 负载压力值中的最小值

#### (四) 计算题

1. 1:1:1 6:3:2 1:2:3 36:9:4  
2. 1.27m/min 2.5L/min 14.7kN  
3. (1) 1 100 (2) 5 50 (3) 0.1  
4.  $1.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$   $2.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$   $1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$   
5. (1)  $4.2 \times 10^{-2} \text{ m/s}$   $2.1 \times 10^{-2} \text{ m/s}$  (2) 33.3kN (3) 80kN  
6. 0.14m/s  $11.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$   $7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  6kN  
7. (1)  $p_1=1\text{MPa}$   $p_2=1.25\text{MPa}$   $p_3=5\text{MPa}$   
(2) 左缸→中缸→右缸  $v_1=0.5\text{m/min}$   $v_2=0.625\text{m/min}$   $v_3=2.5\text{m/min}$   
(3) 右缸运动到终点后, 溢流阀开启 右缸无法动作

### 专题三 压力、流量损失及功率计算

#### 课后巩固

##### (一) 判断题

1.  $\sqrt{}$  2.  $\sqrt{}$  3.  $\times$  4.  $\times$  5.  $\sqrt{}$  6.  $\sqrt{}$  7.  $\sqrt{}$  8.  $\sqrt{}$  9.  $\times$  10.  $\times$   
11.  $\times$  12.  $\sqrt{}$  13.  $\times$  14.  $\sqrt{}$

##### (二) 选择题

1. A 2. B 3. B

##### (三) 填空题

1. 阻力 压力; 2. 沿程 局部; 3. 截面 直 弯曲 变化 阀 局部;  
4. 适当 光滑 变化 弯曲; 5. 大 大 变小; 6. 液阻; 7. 内 外;  
8. 间隙 压力差 流量

##### (四) 计算题

1. (1) 0.65MPa 0.15MPa (2)  $11 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$   $1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  (3) 不适用 1312.5W  
2. 4L/min 2L/min 15kN 266.7W 200W 416.7W 333.3W 66.7W 66.7W 60%  
3. (1) 1.5MPa (2)  $3.33 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$   
4. (1) 0.5m/min (2) 15L/min (3) 2MPa (4) 1562.5W  
5. (1) 5MPa (2) 1.67L/min 6. (1) 0.7MPa (2) 0.3m/min (3) 1493.3W。

## 模块二 液压元件

### 专题一 液压动力元件——液压泵

#### 课后巩固

##### (一) 判断题

1.  $\times$  2.  $\sqrt{}$  3.  $\times$  4.  $\times$  5.  $\times$  6.  $\sqrt{}$  7.  $\sqrt{}$  8.  $\times$  9.  $\times$  10.  $\times$  11.  $\times$  12.  $\sqrt{}$   
13.  $\sqrt{}$  14.  $\times$  15.  $\sqrt{}$  16.  $\sqrt{}$  17.  $\sqrt{}$  18.  $\sqrt{}$  19.  $\sqrt{}$  20.  $\times$  21.  $\times$  22.  $\times$  23.  $\times$



## (二) 选择题

1. C 2. C 3. B 4. C 5. C 6. A 7. C 8. A 9. D 10. A

## (三) 填空题

1. 机械 液压 动力; 2. 密封容积 吸油 压油 吸油 压油; 3. 增大 减小;  
4. 密封 交替变化 配流 大气; 5. 油箱 供油 供油管路 油箱;  
6. 密封容积变化的大小; 7. 定量 变量 单向 双向; 8. 脱离啮合 进入啮合;  
9. 强 不敏感 存在 低 大 低 大 不能 2.5 低; 10. 小 径向不平衡力;  
11. 圆 偏心距 离心力 1 单作用 不平衡 非卸荷 偏心距 变量 偏心方向 双向;  
12. 椭圆 无 离心力 2 对称 2 双作用 平衡 卸荷 重合 不能 单向定量;  
13. 小 差 敏感 中压; 14. 倾角大小 变量 倾斜方向 双向;  
15. 偏心距 变量 偏心方向 双向; 16. 大 磨损 轴向;  
17. 小 高 极敏感 高 高 大

## (四) 计算题

1.  $p_{\text{泵}}=1.625\text{MPa}$   $q_{\text{泵}}=21.12\text{L/min}$  选额定流量为  $22\text{L/min}$  的齿轮泵  
2. (1) 选 CB—27 (2)  $1406.25\text{W}$

## 专题二 液压执行元件——液压缸、液压马达

### 课后巩固

## (一) 判断题

1.  $\times$  2.  $\sqrt$  3.  $\sqrt$  4.  $\times$  5.  $\times$  6.  $\times$  7.  $\sqrt$  8.  $\sqrt$  9.  $\times$  10.  $\times$   
11.  $\times$  12.  $\sqrt$  13.  $\times$  14.  $\times$  15.  $\sqrt$  16.  $\times$  17.  $\sqrt$  18.  $\times$  19.  $\times$

## (二) 选择题

1. B 2. B 3. D 4. C 5. D 6. D 7. C 8. D 9. B 10. C

## (三) 填空题

1. 执行 液压能 机械能; 2. 旋转; 3. 单向 外力; 4. 压力油; 5. 2;  
6. 单活塞杆 两腔 差动; 7. 压力 流量 无杆腔容积增大 2;  
8. 慢速 快退 快进 工进 快退; 9. 相等 实心 3 小型 空心 输送 2 中、大型  
10. 单作用 不需 长; 11. 液压 有限转动 机械; 12. 大 小 小 大;  
13. 大 小 小 大 行程; 14. 小 差 高 小 低 快; 15. 接触面积 活塞偏移;  
16. 低 高 低; 17. 承压区; 18. 撞击缸盖 回油阻力; 19. 最高处 排气;  
20. 最高处; 21. 排气; 22. 液压 旋转 机械 执行

## (四) 计算题

1.  $1\text{m/min}$   $4\text{L/min}$   $16\text{kN}$ ; 2. (1)  $0.02\text{m/s}$  (2)  $0.04\text{m/s}$  (3)  $6.67\text{kN}$  (4)  $1.3\text{MPa}$   
3.  $1.27\times 10^{-2}\text{m/s}$   $78.5\text{kN}$ ; 4.  $2\text{m/min}$   $20\text{L/min}$   $10\text{L/min}$   $10\text{kN}$

## 专题三 液压控制元件——控制阀

### 课后巩固

## (一) 判断题

1.  $\times$  2.  $\sqrt$  3.  $\times$  4.  $\sqrt$  5.  $\sqrt$  6.  $\sqrt$  7.  $\times$  8.  $\times$  9.  $\times$  10.  $\times$



11.  $\sqrt{\quad}$  12.  $\sqrt{\quad}$  13.  $\sqrt{\quad}$  14.  $\times$  15.  $\sqrt{\quad}$

(二) 选择题

1. D 2. D 3. B 4. D 5. D 6. B 7. B 8. B 9. B 10. A

(三) 填空题

1. 单向 不能; 2. 硬; 3. 工作台 挡铁; 4. 不能 能 能 电磁铁 液压油;  
5. 液动 电磁; 6. 主阀 换向平稳性; 7. 油口连接关系; 8. 锁紧 不卸荷 高 差  
9. 浮动 卸荷 好 低; 10. 浮动 不卸荷 好 低; 11. 差动连接 不卸荷 好 低;  
12. 锁紧 卸荷 高 差; 13. 压力 弹簧力;  
14. 关闭 调定值 开启 恒定 调定值 进油口 出口;  
15. 远程调压 卸荷; 16. 卸荷 远程调压; 17. 低压 中、高压;  
18. 溢流稳压 限压保护 远程调压 卸荷 背压; 19. 溢流 减压;  
20. 打开 相等 负载 恒定 调定值; 21. 出口 泄油;  
22. 关闭 调定 进口 负载 进口 泄油; 23. 关闭 调定 外部 负载 泄油;  
24. 节流阀; 25. 会 差; 26. 调速; 27. 定差减压 可调节流 串; 28. 不能

(四) 分析计算题

1.

$F$	$p_A$	$p_B$	$v$
0	0	0	1m/min
10kN	1MPa	1MPa	1m/min
25kN	5MPa	2MPa	0
$\infty$	5MPa	2MPa	0

2.

$F$	$p_A$	$p_B$	$v$
0	2MPa	0	1.5m/min
10kN	2MPa	1MPa	1.5m/min
30kN	3MPa	3MPa	1.5m/min
60kN	4MPa	4MPa	0
$\infty$	4MPa	4MPa	0

3. 右 终点 增大 开启 左 终点 增大 调定 限压保护 先动作缸最高工作 溢流阀调定

## 专题四 液压辅件

### 课后巩固

(一) 判断题

1.  $\sqrt{\quad}$  2.  $\sqrt{\quad}$  3.  $\times$  4.  $\times$  5.  $\times$  6.  $\sqrt{\quad}$  7.  $\sqrt{\quad}$  8.  $\times$  9.  $\sqrt{\quad}$

(二) 填空题

1. 油液 热量 空气 杂质; 2. 输送油液 运动; 3. 过滤 网式 线隙 纸芯 烧结;  
4. 铁质; 5. 粗 精; 6. 并 溢流或顺序; 7. 液压 电 电路 压力变化 明显变化;  
8. 显示; 9. 快速 泄漏 保压 冲击 脉动 能量 应急



## (三) 综合题

- (1) 得 左 右 消失 电 失 右 左 (2) 不能

## 模块三 液压基本回路及系统

### 课后巩固

## (一) 判断题

1. × 2. × 3. × 4. √ 5. √ 6. × 7. √ 8. √ 9. × 10. × 11. √  
12. × 13. √ 14. × 15. √ 16. √ 17. √ 18. × 19. √ 20. × 21. × 22. √  
23. √ 24. √ 25. × 26. × 27. × 28. √ 29. ×

## (二) 选择题

1. B 2. C 3. A 4. B 5. B 6. C 7. A

## (三) 填空题

1. 方向 压力 速度 顺序; 2. 执行 换向 闭锁(锁紧); 3. 执行 换向阀;  
4. 执行 停留 移动 O M 液控单向阀 差 好; 5. 调压 减压 增压 卸荷;  
6. 恒定 不超过某一限值 溢流 并; 7. 低于 减压; 8. 高得多 增压缸;  
9. 大小活塞的面积; 10. 零 零 零 功率 发热 使用寿命; 11. 大于;  
12. (1) 定量 并 出口 开启 溢流稳压 (2) 输出流量 实际压力 输出功率  
(3) 通流截 速度 (4) 压力 差 调速 (5) 低;  
13. 变量 并 限压保护 液压泵 关闭 开启 限压保护 小 少 高 负载 负载 大  
14. 限压式变量 流量 减小 无 高 少 泵;  
15. 多 先后顺序 压力 行程 时间; 16. 压力继电器 顺序阀;  
17. 位置开关 行程阀; 18. 工作台 困难;  
19. 电气控制线路 复杂 电气元件的质量; 20. 高于 低于 21. 高于 低于 少 不大

## (四) 计算题

1. (1) 10 (2) 0.25MPa (3) 0.4m/min (4) 0.1m/min  
2. 8L/min 8L/min 7.5kN 666.7W 533.3W 266.7W 133.3W 11.25%  
3. (1) 3.25MPa (2) 3.25MPa 6.5MPa (3) 0.2m/min 0.1m/min  
4. (1) 1.6m/min 0.3m/min (2) 1.5MPa  
(3) 调压回路 进油节流调速回路 速度换接回路 卸荷回路  
5. (1) 30L/min (2) 10L/min (3) 5kN (4) 0.5MPa

## (五) 综合题

1. (1)

动 作	电 磁 铁			压力继电器	液控顺序阀
	YA1	YA2	YA3		
快 进	+	—	—	—	—
工 进	+	—	+	—	+
停 留	+	—	+	+	+
快 退	—	+	—	—	—
原位停止	—	—	—	—	—

- (2) 差动 进油节流



- (3) 三位五通电磁换向阀 闭锁（锁紧） 卸荷  
(4) ⑥ ⑦ ⑨  
(5) 溢流阀 ⑧ ③  
(6)  $p_8 > p_{10} > p_{缸}$   
(7) ⑥（左位）→⑤→⑨（左位）→液压缸无杆腔  
(8) 10 20 1.5  
2. (1) 二位四通电磁换向阀 可调节流阀（或节流阀） 冷却器（或后冷却器）  
(2) 液压马达（或双向定量液压马达） 不能  
(3) 压力继电器 得电 失电 (4) 进油路 回油路 后者  
(5) 7 常开 (6) 4  
(7)

动作	电磁铁					行程开关		
	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	SQ1	SQ2	SQ3
工件旋转	+	—	—	—	+	—	—	—
钻头快进	+	+	—	—	+	—	—	—
钻头工进	+	+	—	+	+	+	—	—
钻头快退	+	—	+	—	+	—	+	—
钻头停止并卸荷	—	—	—	—	—	—	—	+

- (8) 1.3125（或  $\frac{21}{16}$ ） (9) 3  $2.5 \times 10^{-3}$  (10) 1

3. (1) 电磁铁动作如下表。

动作 \ 电磁铁	1YA	2YA	3YA	4YA
快进	+	—	+	—
较快进	+	—	—	—
工进	+	—	—	+
快退	—	+	—	—
停止卸荷	—	—	—	—

- (2) 调压 卸荷 溢流阀 4 二位二通电磁换向阀 10  
(3) M 锁紧 卸荷  
(4) 回油路 调速阀 定差减压阀（或“减压阀”）  
(5)  $v_k = q_v / A_3 = q_v / (A_1 - A_2)$   $p_k = F_k / A_3 = F_k / (A_1 - A_2)$   
(6) ①40 ②叶片泵 ③5.1 有

4. (1) 填写电磁铁的动作顺序表。

动作	元件 11	元件 14	元件 15	电 磁 铁	
				YA1	YA2
蓄能器充油	—	—	—	—	—
快进	—	—	—	+	—
工进	+	+	—	+	—
快退	—	+ / —	+	—	+
原位停止	—	—	—	—	—



(2) 顺序阀 调速阀 (3) 三位四通电磁换向阀 O (4) 无 有 (5) 容积节流复合调速 好 1 (6) 2 (7) 7 (8) 靠近 (9) 3 (10) 12→9 (右位) (11) 2.5 3.7 (12) 50 (13)  $L/2$  双 单 不平衡

5. (1)

动作顺序	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA
夹紧缸夹紧	—	—	+	—	—
工作缸快进	+	—	+	+	—
工作缸工进	+	—	+	—	—
工作缸快退	—	+	+	—	—
工作缸停止	—	—	+	—	—
夹紧缸松开	—	—	—	—	—
系统卸荷	—	—	—	—	+

(2) 三位四通电磁换向阀 不卸荷

(3) 减压

(4) 14 5 3 12

(5) 0

(6) 11

(7) 5

(8) 9

(9) 12

(10) 0.5

## 模块四 气压传动

### 专题一 气压传动概述

#### 课后巩固

##### (一) 判断题

1. × 2. × 3. × 4. × 5. √ 6. √ 7. √ 8. ×  
9. × 10. × 11. × 12. × 13. √ 14. × 15. ×

##### (二) 选择题

1. A 2. A 3. B 4. B 5. A

##### (三) 填空题

1. 挤压 温度 大 软 负载 稳定 准确; 2. 内摩擦 小 增大;  
3. 湿 干 最大 饱和; 4. 质量 绝对湿度 饱和绝对湿度;  
5. 0 1; 6. 水滴 饱和 析出; 7. 压力 变化 机械 气压 机械;  
8. 机械 气压 空气压缩机; 9. 气压 机械;



10. 小 小 远 可压缩 差 不 低 小 大 消音装置

## 专题二 气动元件

### 课后巩固

#### (一) 判断题

1. × 2. √ 3. × 4. √ 5. × 6. √ 7. × 8. × 9. √ 10. √ 11. √ 12. √  
13. × 14. × 15. √ 16. √ 17. √ 18. × 19. × 20. √ 21. × 22. √ 23. √ 24. √

#### (二) 选择题

1. D 2. C 3. A 4. D 5. A 6. C 7. D 8. D  
9. C 10. B 11. A 12. D 13. C 14. B A C D

#### (三) 填空题

1. 空气压缩机 主体; 2. 自由空气 压缩 自由; 3. 相对;  
4. 冷却 水滴 空气压缩机之后 反; 5. 干燥;  
6. 空气过滤器 减压阀 油雾器 用气设备;  
7. 空气过滤器 减压阀 油雾器 过滤 减压 油雾; 8. 执行 气压 机械;  
9. 汽 液压 串联 并联 液压 双 好 准确; 10. 长 同轴度 短 平行度;  
11. 变形 直线 减小 变形量 短 短; 12. 气压 高速 动;  
13. 大 小 小 大 行程 长 长; 14. 气压 有限; 15. 缸径 行程 缸径 行程  
16. 空气压缩机 后冷却器 气源调节装置 空气过滤器 油雾器 或门型梭阀 快速排  
气阀 排气节流阀 除油器 贮气罐 干燥器 减压阀 与门型梭阀  
17. 减压 溢流 顺序 气体压力 弹簧力; 18. 液压缸 1.5

## 专题三 气动基本回路

### 课后巩固

#### (一) 判断题

1. √ 2. × 3. × 4. √ 5. √ 6. √ 7. × 8. √ 9. √ 10. × 11. √ 12. √

#### (二) 选择题

1. A 2. B 3. A 4. B 5. D 6. D 7. D 8. D 9. C 10. A C B

#### (三) 填空题

1. 贮气罐 不超过 溢流阀 电接点压力表; 2. 用气设备工作压力 减压阀;  
3. 逻辑; 4. 节流阀 消音器 调速 消音 换向 排气; 5. 较差 垂直 较好 水平;  
6. 液压缸 1.5; 7. 液压 好 稳定而准确;  
8. 过载保护 双手操纵 互锁 过滤装置 油雾器  
9. 自动返回; 10. 同时动作 只有一个; 11. 两 两; 12. 节流阀;  
13. 一 连续不断



# 读者意见反馈表

书名：课课通对口升学考试专题复习与  
强化训练·液压与气动（机电类）

主编：储文彬

策划编辑：张 凌

感谢您关注本书！烦请填写该表。您的意见对我们出版优秀教材、服务教学，十分重要。如果您认为本书有助于您的教学工作，请您认真地填写表格并寄回。我们将定期给您发送我社相关教材的出版资讯或目录，或者寄送相关样书。

## 个人资料

姓名\_\_\_\_\_年龄\_\_\_\_\_联系电话\_\_\_\_\_（办）\_\_\_\_\_（宅）\_\_\_\_\_（手机）  
学校\_\_\_\_\_专业\_\_\_\_\_职称/职务\_\_\_\_\_  
通信地址\_\_\_\_\_邮编\_\_\_\_\_E-mail\_\_\_\_\_

本书在内容上需要更正的疏漏、错误：

请您详细填写：\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

练习题与参考答案是否存在不匹配、错误的答案：

请您详细填写：\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

还存在哪些没有覆盖到的知识点、考点：

请您补充：\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

您希望本书内容在哪些方面得到改进？

☐ 考点分析      ☐ 知识提要      ☐ 复习指导      ☐ 典题探析      ☐ 课后巩固

请您详细填写：\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

感谢您的配合，您的意见是我们进步的阶梯！可将本表或者您的建议、意见，按以下方式反馈给我们：

【方式一】电子邮件：zling@phei.com.cn（张凌）

【方式二】邮局邮寄：北京市万寿路 173 信箱华信大厦 1302 室 中等职业教育分社（邮编：100036）

张凌 收 电话：010-88254583

如果您需要了解更详细的信息或有著作计划，请与我们联系。



## “课课通”普通高校对口升学系列学习指导丛书

### 课堂学习配套用书

- 课课通 语文（第一册～第五册）
- 课课通 数学（第一册～第五册）
- 课课通 英语（第一册～第五册）
- 机械基础 学习指导与巩固练习（机电类）
- 电工技术基础 学习指导与巩固练习（机电类）
- 液压与气动 学习指导与巩固练习（机电类）
- 机械制图 学习指导与巩固练习（机电类）
- 电子技术基础 学习指导与巩固练习（机电类）
- 电工基础 学习指导与巩固练习（电子电工类）
- 电子线路 学习指导与巩固练习（电子电工类）
- 电工测量仪表 学习指导与巩固练习（电子电工类）
- 电子测量 学习指导与巩固练习（电子电工类）
- 电机和拖动 学习指导与巩固练习（电子电工类）
- 课课通 机械制图（机械类）
- 课课通 金属材料及热处理（机械类）
- 课课通 机械基础（机械类）
- 课课通 电工基础（机械类）
- 课课通 机械制造工艺基础（机械类）
- 课课通 计算机原理（计算机类）
- 课课通 C语言（计算机类）
- C语言同步练习及测试卷（计算机类）
- 课课通 计算机组装与维修（计算机类）
- 课课通 计算机网络技术（计算机类）
- 课课通 电子技术基础（计算机类）
- 课课通 会计基础（财会类）
- 课课通 财务会计（财会类）
- 课课通 成本会计（财会类）
- 课课通 财务管理（财会类）
- 课课通 会计相关法律知识（财会类）

### 高三总复习用书

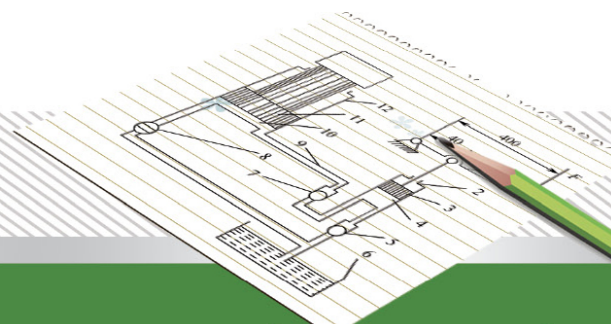
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·语文
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·数学
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·英语
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·机械基础（机电类）
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·电工技术基础（机电类）
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·液压与气动（机电类）
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·机械制图（机电类）
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·电子技术基础（机电类）
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·电子电工类专业
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·计算机类专业
- 课课通 对口升学考试专题复习与强化训练·财会类专业

### 考前冲刺仿真模拟测试卷

- 课课通 对口升学考试冲刺仿真模拟测试卷·语文
- 课课通 对口升学考试冲刺仿真模拟测试卷·数学
- 课课通 对口升学考试冲刺仿真模拟测试卷·英语
- 课课通 机电类专业综合理论仿真模拟测试卷
- 课课通 对口升学考试冲刺仿真模拟测试卷·电子电工类专业综合理论
- 课课通 对口升学考试冲刺仿真模拟测试卷·机械类专业综合理论
- 课课通 对口升学考试冲刺仿真模拟测试卷·计算机类专业综合理论
- 课课通 对口升学考试冲刺仿真模拟测试卷·财会类专业综合理论

### 专业技能考试优化训练

- 课课通 机械类专业对口升学技能考试优化训练
- 课课通 机电类专业对口升学技能考试优化训练
- 课课通 电子电工类专业对口升学技能考试优化训练
- 课课通 计算机类专业对口升学技能考试优化训练



策划编辑：张 凌  
责任编辑：郝黎明  
封面设计：张 昱

ISBN 978-7-121-23057-8



定价：25.00 元